

Coordinador

Roberto A. Tambornino

Editora responsable

María Florencia Ferre

Comité editorial

Alicia Castro, Guillermo López, Analía Martino,
Leopoldo Soibelzon, Claudia Tambussi

Asesores científicos

Jefes de las divisiones del Museo
Marta Cabello, Héctor Pucciarelli, Rodolfo A. Raffino,
Martha Ferrario, Jorge V. Crisci, Carlos A. Cingolani,
Norma B. Díaz, Eduardo Tonni, Hugo L. López, Isidoro
A. Schalamuk

Asesor

Pedro Luis Barcia

Administración

Alicia C. de Grela

Diseño

Horacio C. D'Alessandro

Paginación electrónica

D'Alessandro y Asociados

En tapa

© Merlin D. Tuttle, Bat Conservation Internacional,
www.batcom.org

Impresión: La Stampa impresores S. R. L.
Avda. 60 N° 1739 - La Plata - Tel.: 0221 453 2855



Fundación Museo de La Plata "Francisco P. Moreno"

Comité Ejecutivo

Presidente: Pedro Elbaum
Vicepresidente 1°: Miguel Ángel García Lombardi
Vicepresidente 2°: Hugo Martín Filiberto
Secretario: Roberto Adolfo Tambornino
Prosecretaria: María Marta Reza
Tesorero: Luis Oscar Mansur
Protesorero: Horacio Ortale
Vocal: Abel Blas Román
Vocal: Salvador Ruggeri

Comisión de Fiscalización

Conrado E. Bauer, Juan María Manganiello, Hipólito
Frangi

Comisión de Cultura

Beatriz S. de Cid de la Paz, Graciela Suárez Marzal,
Miguel Ángel Sciaini, Jorge H. Paladini, Ricardo Álvarez
Martín, Elsa Valdovinos, Eduardo Migo.

Comisión de Edificio

Vicente Krause, Reinaldo Bigne, Ramón Izaguirre,
Javier Pizarro

Institución Asociada a FADAM (Federación Argentina
de Amigos de Museos)

Museo de La Plata

Paseo del Bosque, (B1900FWA) La Plata, Argentina
Tels. 54 (0221) 425-9161/9638/6134/7744

Fundación: 54 (0221) 425-4369

www.fundacionmuseo.org.ar

E-mail: fundacion@fcnym.unlp.edu.ar

2 Murciélagos: nuestros vecinos.

Son esenciales para la ecología, pero en general se los teme y rechaza. Aprendamos a proteger a estos formidables socios.

10 La dinámica de la Tierra.

La Tierra está en continua transformación. ¿Cómo y por qué ocurren los sismos, los tsunamis y la erupción de los volcanes?

20 Potencialidad del recurso geotérmico en la Argentina.

Además de saludables termas, las capas subterráneas pueden proporcionarnos energía eléctrica no contaminante.

30 Patagonia: cuna de las margaritas.

Cardos, mutisias y margaritas pertenecen a la familia más numerosa del reino vegetal. Un fósil hallado en las inmediaciones de Bariloche evidencia su posible origen sudamericano.

38 Un verde motivo en el paisaje de Tandilia.

No obstante la vasta historia productiva pampeana, la diversidad de la flora original asoma y reclama protección para este patrimonio natural.

46 Plantas "para comer y curar".

El barrio de Liniers en la ciudad de Buenos Aires ofrece sabrosos alimentos que además curan y previenen enfermedades. Claves de los sistemas médicos tracionales de la colectividad boliviana.

54 Prácticas funerarias en el antiguo Egipto.

Estudios recientes realizados a tres momias conservadas en el Museo de La Plata revelan los métodos de momificación empleados en ellas.

64 El viaje de campaña.

Qué hacen los científicos cuando investigan. Qué buscan, qué encuentran, cómo viven.

72 Para curiosos.

Respuestas a algunas preguntas que nos hacemos a diario... y no tanto.

XX Actividades y novedades

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de la revista puede reproducirse por ningún método sin autorización escrita de los editores. Regularmente se concederá autorización sin pedido de remuneración alguna para propósitos sin fines de lucro, a condición de citar la fuente.

Lo expresado por autores, colaboradores, corresponsales y avisadores no necesariamente refleja el pensamiento del comité editorial, ni significa el respaldo de la revista Museo a opiniones o productos.

Edición de 2.000 ejemplares. Distribución gratuita entre miembros permanentes y adherentes de la Fundación. Instituciones científicas y universitarias oficiales y privadas del país y del exterior. Venta al público en general: \$ 5.

© Copyright by Fundación Museo de La Plata "Francisco Pascasio Moreno"

Registro de la Propiedad Intelectual N° 109.582. ISSN 1853-4414

Printed in Argentina - Impreso en la Argentina.

Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723.

MUSEO incluye los sumarios de sus ediciones en la base de datos Latbook (libros y revistas) Disponible en la web en <http://www.latbook.com>



ECOLOGÍA

Murciélagos: nuestros vecinos

María Ayelen Lutz
Mariano L. Merino

Los murciélagos son los únicos mamíferos voladores y hay una gran diversidad de especies. Son esenciales para la ecología: los frugívoros, por ejemplo, colaboran en la regeneración de los bosques y los insectívoros controlan las poblaciones de insectos plagas. Se adaptan a diferentes hábitats y algunos incluso viven en ciudades. *Tadarida brasiliensis* es una especie insectívora que suele utilizar construcciones humanas como refugio. ¿Cómo protegerlo y a la vez evitar problemas de convivencia? Aquí van algunas claves.

Aprendemos su nombre de pequeños porque es una palabra con las cinco vocales incluidas. Conocemos su sombra asociada al llamado de un superhéroe. Y todos conocemos la historia de un conde de un castillo europeo que se transforma en uno de estos animales. De una u otra manera no es un animal cuyo nombre y figura nos sean desconocidos. Sin embargo, cuánto sabemos verdaderamente sobre ellos... ¿Qué son estos animales con dos alas y sin plumas?

El conde Drácula le dio mala fama.

Aunque Batman hizo lo posible por mejorarles la imagen, el murciélago sigue provocando más terror que gratitud.

Pero el símbolo del reino de las tinieblas no atraviesa la noche en busca de pescuezos humanos. En realidad, el murciélago nos hace el favor de combatir la malaria cazando mil mosquitos por hora y tiene la gentileza de devorar los insectos que matan las plantas. A pesar de nuestras calumnias, este eficiente pesticida no nos enferma de cáncer ni nos cobra nada por sus servicios.

Eduardo Galeano,
Bocas del tiempo

ellos... ¿Qué son estos animales con dos alas y sin plumas?

A veces sus siluetas en los atardeceres pueden hacernos pensar que son pájaros que vuelan de manera errática, pero si miramos de cerca a uno de ellos, y más aún si en algún momento tuvimos la oportunidad de acariciar su piel, notaremos que su cuerpo está cubierto de un suave pelaje. Y los pelos son una de las características de los mamíferos, es decir, de los que llevan mamas. Y también los murciélagos llevan mamas en las que producen leche para alimentar a sus crías. En suma, los murciélagos son mamíferos... igual que nosotros.

Sin embargo, los murciélagos se distinguen del resto de los mamíferos por ser los únicos adaptados al vuelo activo. En el ámbito científico se los denomina "quirópteros" que significa "mano alada". Los huesos de los brazos y de las manos están alargados dando soporte a una membrana (piel), que se extiende entre estos huesos y el lateral del cuerpo, formando el ala. A pesar de que generalmente la palabra murciélago se asocia a una silueta negra y muchas veces se cree que "el murciélago es una especie",



la verdad es que existe una asombrosa diversidad de formas y colores. De hecho, existen más de mil especies de murciélagos en el mundo, un cuarto del total de las especies de mamíferos.

Podemos diferenciar dos grandes conjuntos de murciélagos: los megaquirópteros y los microquirópteros. Los primeros se llaman así porque son generalmente de gran tamaño; algunas especies llegan a medir 1,80 m de envergadura alar (es decir, de la punta de un ala hasta la punta de la otra con las alas desplegadas). Se los conoce también como “zorros o perros voladores” porque su rostro nos recuerda al mejor amigo del hombre. Estos murciélagos vuelan de día, tienen ojos grandes y una vista bien desarrollada. La mayoría se alimenta de frutas, algunos también comen polen y liban néctar. Viven en las regiones tropicales y subtropicales de África, Asia y Oceanía.

Los microquirópteros, en cambio, se encuentran alrededor de todo el mundo,

1 - *Tadarida brasiliensis*, una especie protegida en el país. Foto: M. Ayelen Lutz

excepto en los polos. Son llamados así porque en general son de tamaño pequeño, aunque el más grande de éstos puede medir casi un metro de envergadura alar. Vuelan desde el atardecer hasta el amanecer. Al contrario de lo que muchos creen, tienen muy buena vista, pero para moverse durante la noche utilizan un sistema de ecolocalización. Este sistema funciona como un radar: el murciélago emite sonidos de alta frecuencia (inaudibles para el humano) y luego se captan los ecos de estos sonidos formando una imagen. Así, con esta imagen mental, producida a partir de los ecos, los murciélagos pueden navegar en la oscuridad.

Los microquirópteros pueden tener una gran variedad de dietas. Hay murciélagos que, con las poderosas garras de sus patas, pescan pequeños peces que nadan cerca de la superficie de aguas tranquilas. Hay

murciélagos carnívoros que cazan pequeños animales, como lagartijas, ranas, ratones y hasta otros murciélagos. También están aquellos que se alimentan de frutos y luego vuelan dispersando con sus heces las semillas de los frutos, de hecho muchas de las semillas sólo germinan si pasan por el tracto digestivo de un murciélago. Al mismo tiempo, esto ayuda a la regeneración de los bosques, dado que estas semillas pertenecen a plantas pioneras, es decir, plantas que “preparan el terreno” para que luego otras plantas puedan asentarse en el lugar. También están los murciélagos que se alimentan de polen y néctar, considerados los picaflores nocturnos, que ayudan a numerosas plantas a reproducirse. Algunas de estas plantas tienen importancia comercial tal como sucede en México con el maguey, planta que se utiliza para producir el tequila, que sólo puede ser polinizada por los



2 - *Molossus molossus*, una especie insectívora, común en la ciudad de La Plata. Foto: M. Ayelen Lutz

murciélagos de hocico largo. Existen también los célebres vampiros, murciélagos que se alimentan de sangre; los vampiros realizan pequeñas incisiones con sus afilados dientes y luego lamen la sangre que brota gracias a la acción de un anticoagulante que tienen en su saliva. Actualmente se investiga el potencial uso de este anticoagulante en el campo de la medicina para ciertos tratamientos cardiovasculares. Finalmente, la mayoría de las especies de microquirópteros son insectívoras, es decir, se alimentan de insectos. Los murciélagos son los principales depredadores de insectos nocturnos y en consecuencia regulan las poblaciones. Un gran número de insectos que componen el menú de los murciélagos, como polillas, escarabajos y mosquitos, son plagas de cultivos y vectores de enfermedades tanto de humanos como de animales. A su vez, este control que ejercen los murciélagos sobre los insectos disminuye la cantidad de insecticidas necesarios para su control.

Durante el día, los murciélagos utilizan distintos refugios en sus ambientes naturales. Ciertas especies duermen entre las hojas de árboles o palmeras, otras en huecos de troncos, y algunas en cuevas. Pero el hombre ha ido modificando el paisaje natural, destruyendo el hábitat de muchas especies de murciélagos que hoy se encuentran por este motivo en peligro de extinción. Otras especies, en cambio, pudieron adaptarse a convivir con el hombre, utilizando cavidades en puentes, tejados, entretechos y galpones como refugios. Incluso algunas especies insectívoras viven bien en las grandes ciudades. Es que las ciudades, además de ofrecerles buenos refugios en los edificios, los convidan con un festín de insectos que se acumulan alrededor de la luminaria nocturna.

Un ciudadano ignoto:

Tadarida brasiliensis

Una especie que suele encontrarse muy frecuentemente en las ciudades de la Argentina se llama *Tadarida brasiliensis*. Los miembros de esta especie pueden comer hasta la mitad de su peso en insectos por noche. Un estudio en el Parque Ecológico Municipal de La Plata contabilizó unos 107 individuos

de esta especie que viven en el entretecho de las galerías abiertas de la casona del parque. En promedio, cada individuo pesa unos 14 gramos. ¡Cada noche esta pequeña colonia consume unos $\frac{3}{4}$ de kilo de insectos! Esta especie puede formar colonias de millones de individuos; imagínense cuando hay colonias más grandes las toneladas de insectos que pueden comer. En Estados Unidos de Norteamérica no sólo se lo imaginaron, sino que calcularon que en un área del centro-sur de Texas, donde hay importantes cultivos de algodón, los productores se ahorran un promedio anual de 741.000 dólares gracias a que las grandes colonias de este murciélago se alimentan de la polilla plaga de dicho cultivo.

Tadarida brasiliensis es una especie migratoria; cuando vienen los meses fríos gran parte de los individuos de la colonia viajan a lugares más cálidos; algunos pocos se quedan en el refugio en un estado de torpor profundo, es decir bajan su metabolismo para no gastar energía despertándose de vez en cuando, y esperan a que vuelvan sus compañeros con la llegada del calor. Si bien en la Argentina todas las especies de murciélagos están incluidas en las leyes que protegen a la fauna silvestre, *Tadarida brasiliensis* es además protegida por la Ley que ratifica la Convención de Bon sobre especies migratorias (ley nacional 23.918). La colonia más grande de esta especie es la que se encontraba en el Dique Escaba, en la provincia de Tucumán. Se estimó que durante la primavera y el verano vivían allí entre 10 y 12 millones de murciélagos. Esta colonia favorecía a los pobladores del lugar, en primer lugar, por la cantidad de insectos que consumían y en segundo lugar, porque la colonia misma era promocionada como una atracción turística. El vuelo coordinado de millones de murciélagos cuando salen a alimentarse es un espectáculo digno de admiración (tal es así que en Texas, donde hay grandes colonias en cuevas y puentes, estos eventos dejan varios millones de dólares a esta ciudad). Así es que además de las leyes mencionadas que protegen a *Tadarida brasiliensis* en la Argentina, en la provincia de Tucumán se promulgó la ley provincial 7.058 que protegía específicamente a la colonia del Dique Escaba y prohibía toda modificación



3 · *Eumops patagonicus*. Foto: César Wayar

del ambiente donde ésta se encontraba. A pesar de la legislación existente, los empresarios que manejan el dique realizaron una “reubicación” de la colonia. Esta “reubicación” consistió simplemente en ahuyentar a los pocos murciélagos que quedan durante el invierno con luces fuertes y venenos; luego cerraron las entradas, es decir que aquellos que volvían cuando comenzaban los meses cálidos se encontraban con que ya no tenían su lugar. Sólo dejaron un pequeño lugar para los murciélagos y se calcula que actualmente queda apenas un millón de ellos. Con esta drástica reducción de la colonia se desestabiliza el equilibrio ecológico del lugar.

Buenos vecinos

A pesar de los servicios ambientales que nos prestan, los murciélagos tienen mala fama debido a los mitos que los envuelven. Las falsas historias que rondan alrededor de ellos generan prejuicios negativos que no son fáciles de revertir.

Uno de esos mitos es que son portadores de rabia. El virus de la rabia afecta a todos los mamíferos atacando el sistema nervioso. Es una enfermedad letal para la cual no hay cura una vez que el virus inicia el proceso. Por esto es muy importante prevenir la rabia



CAJA DE ABOGADOS
Provincia de Buenos Aires
Su futuro, nuestra responsabilidad

Beneficios, Subsidios y Asignaciones

...desde el comienzo de la afiliación

- CASA - Sistema de Salud
- Maternidad
- Nacimiento de hijo o adopción
- Incapacidad total y transitoria
- Matrimonio
- Discapacidad de hijo
- Jubilación Extraordinaria
- Préstamos
- Asignaciones familiares (para jubilados y pensionados)
- Fallecimiento
- Pensión

...con el cumplimiento de requisitos de edad y ejercicio profesional computable

- Jubilación
Ordinaria Básica Normal
Ordinaria Básica Normal con complementos por mayores cotizaciones
Opción Protección Básica Proporcional
Opción Jubilación Ordinaria Básica Parcial
Opción Jubilación para Discapacitados
- Prestación por edad avanzada
- Subsidio por enfermedad o edad avanzada para jubilados y pensionados
- Asignación por edad para jubilados y pensionados

www.cajaabogados.org.ar

Avenida 13 N° 821/29, piso 3° (1900) La Plata - Buenos Aires - Argentina
Tel: (0221) 427-0204 / Fax: (0221) 422-6297 / E-mail: info@cajaabogados.org.ar



mediante cuidados básicos. Se debe vacunar a todos los perros y gatos, y si alguna persona es mordida por cualquier mamífero silvestre o doméstico desconocido debe concurrir de inmediato al centro de zoonosis o antirrábico más cercano a su domicilio para recibir asesoramiento sobre la vacunación. Cuando un murciélago enferma de rabia, al estar afectado su sistema nervioso, se comporta de manera anormal: vuela de día, se choca objetos, no puede volar bien y cae al piso. Por esto es muy importante que nunca se toque con las manos desnudas un murciélago caído. Si bien, a diferencia de perros y gatos, no buscan morder ni se ponen agresivos cuando están rabiosos, como todo animal, buscan defenderse si se sienten amenazados.

Como práctica de buen vecino, si usted encuentra un murciélago en el piso, puede tapanlo con un recipiente (balde, caja, frasco de boca ancha) y luego deslizar entre el piso y el recipiente un cartón a modo de tapa, y llamar al centro de zoonosis más cercano.

Puede suceder que un murciélago entre en su casa por una ventana o puerta, es común que los juveniles que están aprendiendo a volar ingresen sin problemas pero luego tengan problemas para encontrar la salida. Si esto ocurre cierre todas las puertas que

4 - *Tadarida brasiliensis*, persiguiendo una polilla.
Autor: Capitán Manu (acuarela)

comunican con otras habitaciones y abra bien las puertas y ventanas que dan al exterior, luego apague la luz y salga de la habitación esperando con paciencia que el murciélago encuentre la salida solo. Si el murciélago no encuentra la salida, y se queda quieto colgado o en el piso, puede tapanlo con una toalla o tela y tomarlo suavemente con la ayuda de un guante de cuero para luego dejarlo en el exterior de la vivienda. También puede utilizar el método del recipiente y el cartón detallado anteriormente para sacarlo afuera. Tenga cuidado de no dejarlo al alcance de mascotas o niños.

En la ciudad la mayoría de la gente convive con los murciélagos sin notar su presencia, incluso en la misma vivienda. Sin embargo en ciertas ocasiones surgen algunos problemas de convivencia cuando el humano y el murciélago habitan la misma casa, generalmente cuando la colonia de murciélagos es numerosa. Ciertos sitios que utilizan de refugio los murciélagos pueden deteriorarse si se acumulan heces o puede haber un filtrado del polvillo de las heces. A algunas personas pueden molestarles los ruidos u olores que

generan. En estos casos se hace necesario encontrar una solución. Tradicionalmente se suele sugerir el uso de ultrasonidos, luces fuertes y tóxicos. Sin embargo el uso de ultrasonidos o sirenas no resulta efectivo, ya que no se desplazan de manera definitiva. La utilización de venenos tampoco es útil a largo plazo y su uso es nocivo para el humano. Además, el uso de tóxicos genera el efecto contrario al deseado ya que los murciélagos salen de su refugio de día, vuelan “atontados” y caen al piso moribundos. Aquello que a simple vista parecen síntomas de rabia en realidad son los efectos del veneno. A pesar del bajo porcentaje de murciélagos que enferman de rabia, si entre los murciélagos caídos llegara a haber alguno enfermo, se aumenta exponencialmente la probabilidad de que un perro, un gato o un niño jueguen con éste y sean contagiados cuando el murciélago



5 - *Eumops bonariensis*. Foto: Darío H. Podestá

intente defenderse. Por si fuera poco, cuando se ahuyenta de este modo a los murciélagos, los que no están muy afectados por el veneno salen en conjunto a buscar otro refugio, y así es como aparecen noticias sobre “invasiones” de murciélagos. Para no seguir incitando la mala prensa que tienen los murciélagos, sabiendo que son necesarios en una ciudad saludable, se debe buscar una solución que deje satisfechas a ambas partes. Se propone entonces hacer una exclusión mediante un método eficaz, seguro, permanente, fácil de aplicar y económico. En este método se utiliza una tela o nylon alrededor de la salida que le permite a los murciélagos salir pero no volver

Verdadero y falso

- Se dice que son ciegos... cuando en realidad tienen ojos bien desarrollados y buena vista.
- Hay quienes cuentan que se enredan en el pelo de la gente... lo cual es muy difícil de creer si se piensa en el sofisticado sistema de radar que tienen los murciélagos.
- En algunos lugares existen relatos de que son ratones viejos con alas... los murciélagos ni siquiera tienen dientes que les permitan roer. En la actualidad las investigaciones indican que no están emparentados con los ratones y ubican a los murciélagos como parientes cercanos de los primates (es decir, ¡de nosotros mismos!).
- A partir del arquetípico conde Drácula de la novela de Bram Stoker, se cree que todos se alimentan de sangre... cuando sólo tres especies en todo el mundo lo hacen (¡y ninguno vive en Europa ni sufre transformaciones!).
- En nuestra cultura se los asocia a brujerías y a demonios... en cambio en otras culturas, como las orientales, son símbolos de buena suerte.
- Se estigmatiza a todos los murciélagos como portadores de rabia... las investigaciones indican que sólo un muy bajo porcentaje de murciélagos enferman de rabia.

a ingresar. Luego de unos 10 días de tener esta tela, cuando estemos seguros de que no hay más individuos, se saca la tela y se sella la salida con algún material de albañilería. Este método se explica detalladamente en el Protocolo de Exclusión (<http://www.pcma.com.ar>).

En el partido de La Plata también se está intentando implementar el protocolo de exclusión como método para remediar problemas con murciélagos. Esta iniciativa surgió a partir del trabajo conjunto de graduados e investigadores de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata en el marco de un proyecto de extensión de la Universidad Nacional de La Plata denominado “Murciélagos de La Plata: ¡Buenos Vecinos!”. Este proyecto es avalado por el PCMA (Programa de Conservación de los Murciélagos de Argentina) y financiado por una ONG extranjera (CREO, Oportunidades para la conservación, investigación y educación). Se pretende asimismo capacitar a la gente y a las empresas sobre la implementación del protocolo y se está considerando la posibilidad de colocar cajas-refugios en lugares públicos para ofrecerles un nuevo hogar a los murciélagos excluidos. Las cajas-refugios son “casitas” de madera para murciélagos que se pueden colocar en postes, árboles o paredes; hay diferentes modelos, incluso cualquiera puede armar uno para su propia casa. En este proyecto de extensión universitaria también se incluye la realización de actividades educativas dado que sólo mediante la difusión de conocimientos sobre los murciélagos lograremos conservarlos.

Lejos de las falsas creencias, los murciélagos no son animales peligrosos y nos brindan muchos beneficios. Tal es así que ahora hay una buena noticia para los murciélagos: el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente ha declarado a los años 2011 y 2012 “Año de los Murciélagos”, celebración que nos invita a pensar en ellos y en los servicios ambientales que prestan.◆

Lecturas sugeridas

Si le interesa ahondar sobre cómo el control de insectos plaga que realizan los murciélagos influye en la economía, puede ver el trabajo “Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas”, realizado por los investigadores C. J. Cleveland, M. Betke *et al.* y publicado en *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(5):238-243, 2006.

Encontrará más información sobre los murciélagos en general y sobre el Dique Escaba en “Mitos y leyendas sobre los murciélagos”, un trabajo de divulgación escrito por M. M. Díaz y R. M. Bárquez para la *Revista Biológica*, 1(6): 16-21, 2008.

Los datos sobre la colonia del Parque Ecológico Municipal de La Plata fueron presentados en las XXIII Jornadas Argentinas de Mastozoología (Bahía Blanca, 9 al 12 de noviembre de 2010); en el libro de resúmenes puede verse el resumen del trabajo “Estudio preliminar de una colonia de *Tadarida brasiliensis* (Molossidae, Chiroptera) en el Parque Ecológico Municipal de La Plata, Buenos Aires, Argentina”, realizado por M. A. Lutz, S. Gamboa Alurralde, M. Espósito, M. M. Díaz y M. L. Merino. El póster presentado en las jornadas se encuentra expuesto en el parque.

María Ayelen Lutz (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET) y Mariano L. Merino (Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, CICPBA). Sección Mastozoología, departamento de Zoología, Vertebrados, Museo de La Plata. Correspondencia a María Ayelen Lutz: ayelenlutz@gmail.com



GEOLOGÍA

La dinámica de la Tierra

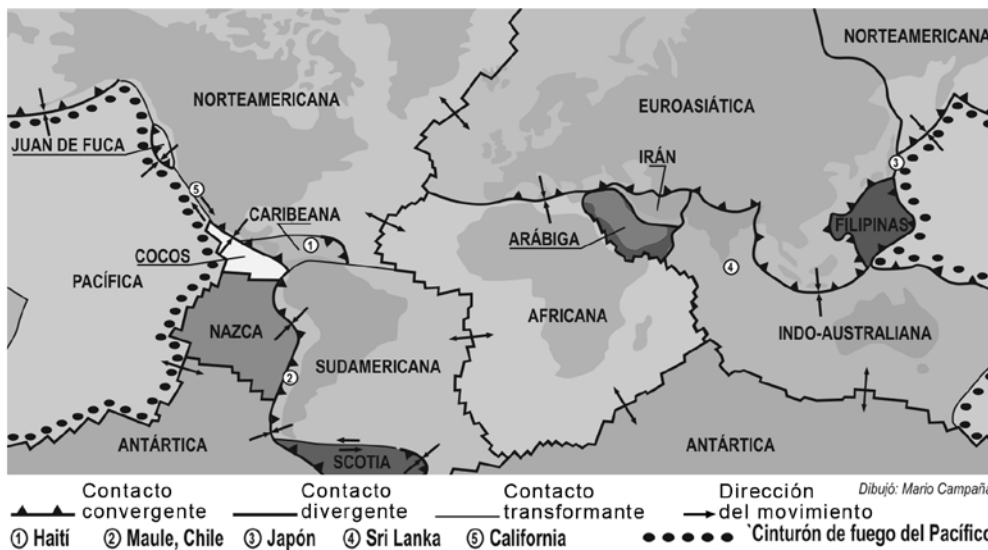
Carlos A. Cingolani
Víctor A. Ramos

La Tierra es un planeta dinámico, subdividido internamente en “capas” que interactúan dependiendo de la energía interna. Entre los procesos naturales que se manifiestan sobre la superficie están la actividad sísmica y volcánica que ha llamado siempre la atención de sus habitantes. ¿Por qué y cómo ocurren estos fenómenos? Conocer los procesos geológicos que dan lugar a estos cambios constantes nos dará la respuesta.

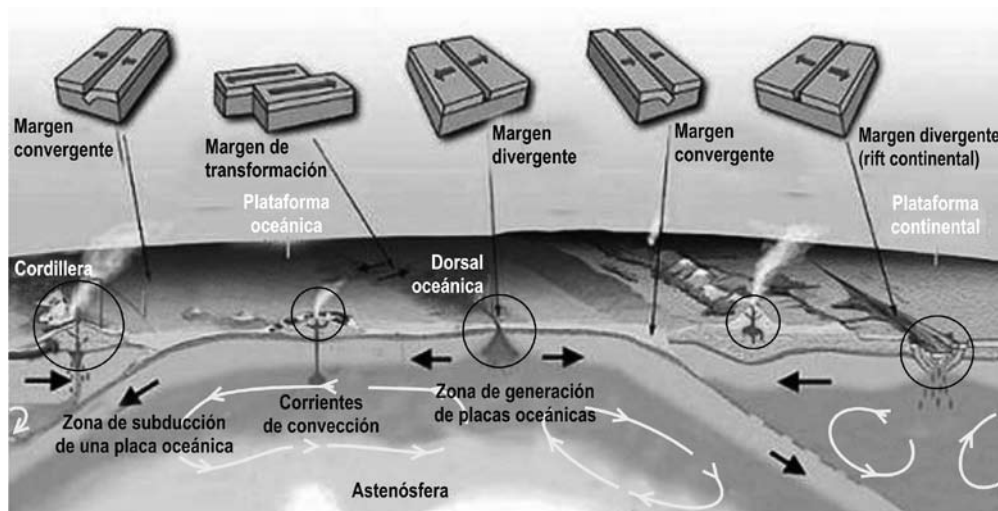
Las características del planeta son únicas en nuestro sistema solar y consisten en dinámicas interacciones que se remontan a unos 4.500 millones de años. Estas interacciones y transformaciones continuas han dado lugar a la presencia de 21% de oxígeno libre en la atmósfera, al desarrollo de la hidrósfera (ríos, mares, océanos), de la biósfera (compuesta por todo y tectónica activa (volcanes, terremotos, desplazamientos de placas), de la que vamos a ocuparnos en este artículo. La energía interna planetaria originada por la cinética, es decir, el movimiento de las partículas desde la conformación del sistema solar y la aportada por los elementos radioactivos, ha sido la fuente calórica necesaria para que existan, entre otros fenómenos, la actividad sísmica, el volcanismo, las fuentes termales. Se agrega a esto todo lo que ocurre en la superficie vinculado a la acción de la energía solar, como los procesos erosivos, los ciclos hidrológicos, y otros, que modelan y cambian el paisaje terrestre entre

Las placas tectónicas

Los fragmentos más superficiales de la Tierra conforman las llamadas placas tectónicas litosféricas, con espesores de entre 100 a 250 km y con extensiones que varían entre cientos a miles de kilómetros (véase figura 1). Estas placas pueden estar compuestas por sectores *continentales* (que conforman los actuales continentes), que son los más antiguos, geológicamente complejos, de mayor espesor y menor densidad y por sectores *océanicos*, que constituyen gran parte de los fondos de los océanos y son esencialmente de composición basáltica, con menor espesor y de mayor densidad. Las técnicas modernas de posicionamien-



1 - Subdivisión de la corteza terrestre en las principales placas tectónicas y los diferentes contactos entre las mismas (convergente, divergente y transformante). Obsérvese que algunas placas (por ejemplo, la Sudamericana) están compuestas por zonas continentales y oceánicas. La actividad sísmica principal marca los límites de placas. Se señala la ubicación de las regiones de Haití, Maule (Chile), Japón, Sri Lanka, California y el "cinturón de fuego del Pacífico".



2 - Corte esquemático de la Tierra con su conformación interna y los movimientos de las placas por las celdas de convección. En las dorsales oceánicas o margen divergente se genera la corteza oceánica, en las zonas de subducción o margen convergente se destruye a medida que se hunde en el manto. En círculos están resaltadas las zonas donde se produce el volcanismo más importante.

to satelital (GPS), demuestran la complejidad de los desplazamientos de las placas, que se comportan como cuerpos rígidos movidos por corrientes de convección sobre la zona dúctil del manto terrestre. Los límites de las placas, que registran el 95% de la energía sísmica de la Tierra, interactúan a través de tres mecánicas principales que pueden verse en la figura 2:

- Los bordes de las placas se desplazan unos con otros y generan áreas de deformación angostas, como la zona de falla de San

Andrés en California (márgenes transformantes);

- o se separan unos de otros, y su desplazamiento determina la generación de dorsales submarinas de miles de kilómetros de largo que se emplazan sobre una zona de agrietamiento o *rift* (márgenes divergentes);

- o chocan entre sí, y uno se hunde por debajo del otro (de menor o igual densidad). Este último mecanismo, también llamado *subducción*, se asocia a zonas de deformación de cientos de kilómetros de ancho

MUSEO - 12 formadoras de montañas en los bordes de placas, como por ejemplo, la cordillera de los Andes (márgenes convergentes).

¿Qué es un sismo? ¿Cuáles son las zonas donde se produce?

El sismo consiste en una serie de vibraciones producidas por movimientos o rupturas de rocas en los cientos de kilómetros más superficiales de la Tierra y son registrados por equipos sensibles llamados sismógrafos. Estos equipos tienen sus orígenes en aparatos utilizados desde la antigüedad en China (véase figura 3).

Desde hace varios años, la Argentina cuenta con una red de estaciones sismológicas que permiten definir los focos o hipocentros de los sismos, la vertical sobre la super-



3 - Sismógrafo antiguo utilizado en la China para saber la magnitud y dirección de propagación de una onda sísmica. Dependiendo de la cantidad de bolillas que caían y en qué sapito, se podía estimar la importancia y orientación del terremoto.

ficie denominada epicentro y su duración e intensidad. Esta información se intercambia con redes nacionales e internacionales. Por el tipo de ondas que registra, el sismógrafo permite a los especialistas adjudicarlo o no a un evento geológico natural y separar otros registros como explosiones o vibraciones artificiales. Además de los márgenes de placas ya mencionados, los 20-30 km. de espesor más externos de la corteza terrestre que constituyen los continentes se pueden encontrar parcialmente fracturados. Estas fracturas, generalmente sepultadas debajo de cientos de metros de sedimentos, son debilidades que potencialmente pueden provocar fricción, produciendo vibraciones de distinta magnitud detectadas por los sismógrafos. Existen diferentes jerarquías de fracturas, algunas no sobrepasan pocos metros de largo, mientras que otras poseen miles de kilómetros de longitud en superficie y de a 700 km. de profundidad conformando uno de los mecanismos de las placas tectónicas. La ciudad de La Plata y sus alrededores se encuentran en la parte central de la denominada placa Sudamericana un ámbito llamado "pasivo" y se separa de la placa Africana a razón de 3cm anuales; por el contrario, toda la costa chilena es un sector "activo" donde la placa de Nazca (parte del Océano Pacífico) se sumerge por debajo del continente a una velocidad relativa de 8 cm por año. Es de destacar que la Universidad Nacional de La Plata ha implementado su propia red sismológica.

Tipos de sismos

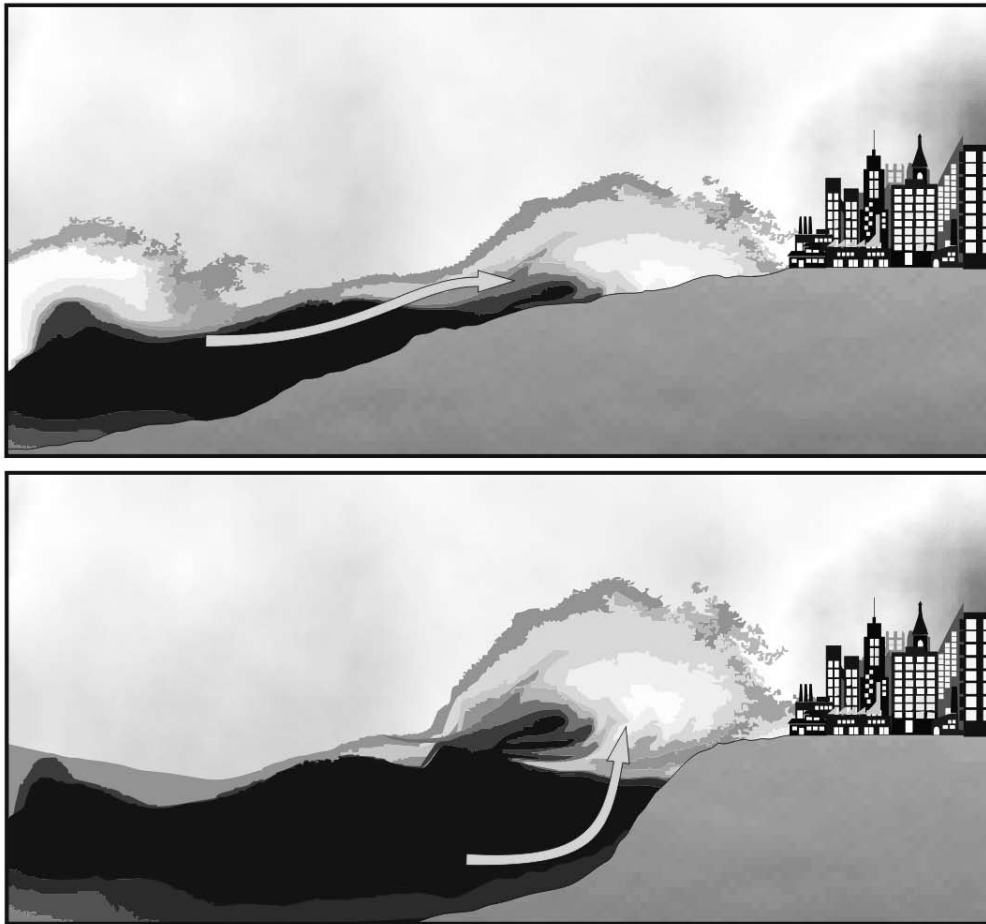
Los sismos se pueden dividir en dos grandes grupos: de *interplaca* y de *intra-placa*. Los primeros ocurren en el contacto entre dos placas y pueden ser muy destructivos en los márgenes de placas convergentes. Los segundos se producen en el interior de las placas tanto en los sectores continentales como en los oceánicos, pero como fuera expresado antes, la porción continental, que refleja una evolución de al menos 4.000 millones de años, puede estar muy fracturada por diversos eventos ocurridos a través de la historia geológica (por ejemplo la formación de nuevos océanos). Los terremotos que más afectan a la Argentina, que en su

Placa

Placa

3 cm

Placa



mayor parte está relativamente alejada del margen Pacífico, son de este tipo. A través de los sismogramas se pueden conocer sus mecanismos focales, que aportan información acerca del tipo de fracturas que los producen (extensionales, de desplazamiento de rumbo o compresivas). Resulta evidente entonces que el área sismogénica por excelencia se ubica en las zonas de *subducción* (margen convergente) y es del tipo interplaca. Cuando la fricción acumulada durante un tiempo considerable se “destraba”, la energía potencial que se libera origina importante sismicidad de interplaca y en muchos casos, actividad volcánica asociada.

¿Qué es un tsunami?

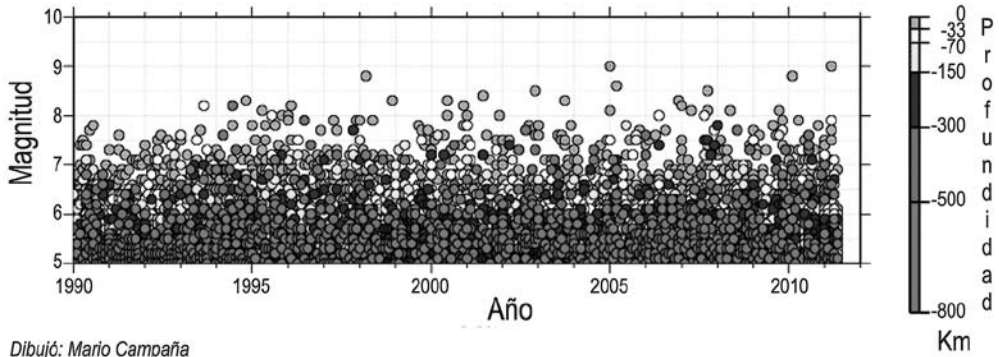
¿Hay registros en el pasado geológico?

Tsunami, palabra de origen japonés que significa “ola de puerto”, es una expresión que ilustra un importante movimiento de agua de mar conocido como “maremoto”. Este es un evento que involucra un grupo

4 - Esquema que ilustra el crecimiento vertical de un maremoto cuando se aproxima a la línea de costa.

de olas de gran energía generadas cuando se desplaza verticalmente una gran masa de agua como resultado de un sismo. Se pueden trasladar por centenares de kilómetros y su velocidad dependerá de la profundidad de agua en la que se haya producido el evento sísmico. La altura de la onda cuando llega a la costa se incrementa rápidamente como se puede observar en la figura 4, por lo que la morfología de la zona costera puede ser más o menos desfavorable. El terremoto de Japón en 2011 es un ejemplo de un importante maremoto que se expandió por todo el Pacífico. Conociendo la profundidad de agua en el epicentro del terremoto los sismólogos pueden calcular la velocidad de propagación de la onda y sus tiempos de arribo a las costas opuestas, permitiendo así las actividades de prevención o defensa.

Luego del sismo de 2004 en Sri Lanka y alrededores, el estudio de los tsunamis fósiles ha tomado gran impulso. Se sabe que



Dibujó: Mario Campaña

en el siglo IX se produjo un sismo similar al que ocurrió recientemente en Japón. Hay registros de un tsunami que ingresó con grandes olas, desplazó enormes masas de agua e invadió más de 10 km al interior de Japón. Los científicos habían predicho una recurrencia promedio de centenares de años. Por otra parte, los geólogos han descrito en varias localidades rocas generadas por estos maremotos en el pasado geológico: se denominan *tsunamitas*. Asimismo, la actividad sísmica del pasado ha quedado documentada en secuencias sedimentarias con características particulares que reciben

5 - Frecuencia de terremotos mayores a 5 en la escala de Richter (tomado del Servicio Geológico de los Estados Unidos).

el nombre de *sismitas*.

La frecuencia de los terremotos

La superficie terrestre puede ser subdividida en zonas de mayor o menor potencial sísmico. No existen zonas asísmicas (o libres de sismos). Hay una estadística de frecuencia de registros clasificados de 5 a 7 en la escala de Richter entre 1990 y 2005 de aproximadamente 1500 sismos por año,

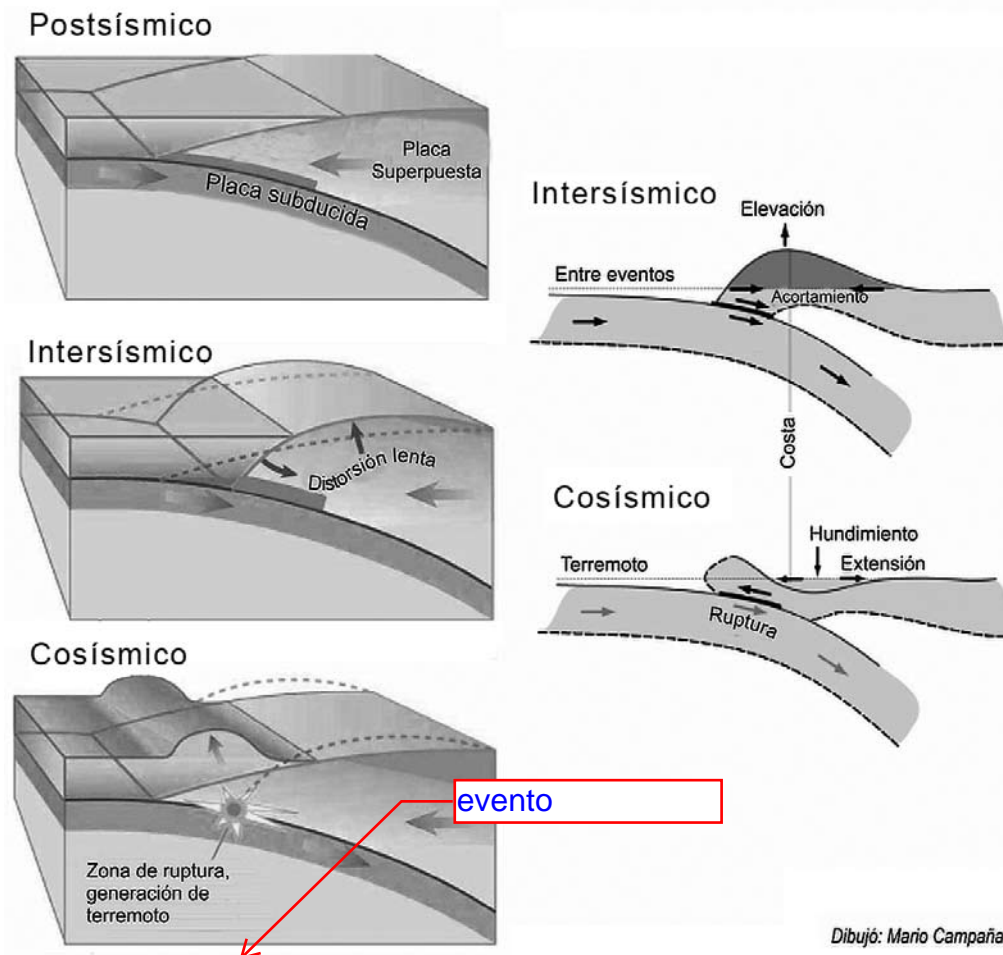


Caso Lero

Sanitarios & Repuestos



Diag. 79 N° 319 La Plata. Tel: (0221) 425-3625



que se ha mantenido sin mayores variantes (véase figura 5) y un **sismo** de características mayores a 8,5 en cien años. Hay sectores del planeta en los que desde hace mucho tiempo no se producen movimientos, este “gap sísmico” nos induce a pensar que puede ocurrir actividad en algún momento, pero aún resulta difícil dar mayores precisiones.

Los sismos de intraplaca registrados en las zonas de la llanura bonaerense y alrededores

Algunas de las fracturas inactivas en el interior de las placas ubicadas a cientos o miles de metros de profundidad bajo las llanuras o planicies de los ríos más modernos, suelen producir sismos de intraplaca. En varios sectores de la llanura pampeana y del litoral se han registrado sismos motivados por ajustes o movimientos de antiguas fallas geológicas (cuenca del Salado, fosas tectónicas del Río de la Plata y zonas del Delta del Paraná, entre otros). Hace más

6 - Tipos de desplazamiento sísmico asociado al ciclo de un terremoto.

de cien años, un sismo de grado 4,3 y profundidad de 30 km conmovió a la ciudad de Buenos Aires. Las antiguas fracturas lejos de los bordes de las placas, en general, permanecen imperturbables por miles de años, hasta que repentinamente ceden y producen algún movimiento sísmico. Por ejemplo las rocas del basamento del Río de la Plata se encuentran fracturadas, en gran medida como herencia del momento en el cual América del Sur y África comenzaron a separarse formándose grandes fallas o fracturas que quedaron en ambos márgenes del océano Atlántico.

Algunos ejemplos son los sismos detectados o sentidos en la Provincia de Buenos Aires: en 1827 en San Nicolás; en 1845 en la cuenca del Salado (magnitud 5, profundidad 30 km); en 1888 (magnitud 4,3; profundidad 30 km) y en 1907, ambos con epicentro en la zona del Río de la Plata; en 1945 en Martínez; en 1948 (magnitud 4,3) y en 1949



BAGSA[®]
Buenos Aires Gas S.A.



Distribuimos el GAS en la Provincia...
...aseguramos el **bienestar de TODOS**



www.bagsa.com.ar

Calle 9 N° 325 / 336 (Entre 38 y 39) La Plata (1900) Provincia de Buenos Aires
Tel: (54-221) 483-3844 / 421-3807 / 482-2058 / 425-5488 / 422-6354 / 422-6920

(magnitud 3,7) en Brandsen y San Vicente respectivamente; en 1970 en Berisso (magnitud 3,5) y en 1971 en Vieytes y alrededores (de magnitud 3,7).

¿Cómo se clasifican los desplazamientos durante un sismo?

Se reconocen diferentes tipos de desplazamientos asociados a un terremoto (véase figura 6). Los desplazamientos *cosísmicos* son aquellos que se producen durante el evento principal y pueden alcanzar decenas de metros; los *postsísmicos* son aquellos que durante días, semanas o meses, dependiendo del desequilibrio producido por el terremoto, provocan desplazamientos de hasta varios centímetros, y finalmente los *intersísmicos*, que son los desplazamientos normales que ocurren entre sismos, y que suelen ser de varios milímetros a unos pocos centímetros.

Algunos ejemplos mundiales de sismos recientes

Haití 2009: Con varios órdenes de magnitud menor al del Maule en 2010 (Chile) o al de Japón en 2011, la catástrofe se produjo por una falla de desplazamiento de rumbo. Causó decenas de miles de muertos por no existir en Haití clara conciencia de que está situado en una zona sísmicamente activa (en cercanías de un margen transformante), con el agravante de que hace unas pocas decenas de años tuvo que desplazarse la ubicación de su capital por la destrucción durante un terremoto. La falta de “cultura sísmica” explica que no se hayan previsto construcciones sismo-resistentes, aún en edificios de varios pisos construidos recientemente para organismos internacionales.

El “megaterremoto” de 8,8 del Maule (Chile) en febrero de 2010: Hace varios años que los sismólogos chilenos esperaban un terremoto en ese sector de la costa. El último evento importante había sido descrito por Charles Darwin en 1835. Los desplazamientos intersísmicos acumulados durante 175 años permitían predecir un terremoto con desplazamientos mayores de 15 metros y estimar magnitudes del orden de 8,5 en la

La ciudad hundida

En la región Mediterránea, la actividad volcánica ha sido de tal magnitud que algunos autores afirman que el mito de la *Atlántida* está basado en la dramática desaparición de la Civilización Minoica que habitaba en Creta en el siglo XVI a.C. Las olas que generó la explosión de la isla volcánica de Santorini destruyeron por completo la ciudad de Teras, que se situaba en ella y que era el principal puerto comercial de los minoicos; se produjo además un fuerte maremoto que destruyó parcialmente la isla de Creta.

escala de Richter. Infelizmente los pronósticos sismológicos con detallados estudios con GPS y otros instrumentos fueron acertados, aunque no se podía precisar el momento en que iban a ocurrir.

¿Qué ocurrió en Japón 2011?

El sismo de Japón sucedió en una zona donde estos eventos de gran magnitud ocurren de manera frecuente. Se trata de una “zona roja” dentro de lo que se conoce como “cinturón de fuego del Pacífico”, donde interactúan varias placas tectónicas (véase figura 1) y causan sismicidad y volcanismo. En Japón todas las construcciones, incluso las críticas como las centrales nucleares, respondieron bastante bien al terremoto; lo que las afectó fue el tsunami que se produjo después, para lo cual había sido prevista una defensa para olas de 6 m, que superaron ampliamente esta altura.

que fue ampliamente superada

¿Se puede predecir un movimiento sísmico?

Los estudios sobre riesgos geológicos permiten establecer la zona que puede ser afectada por un movimiento sísmico y la intensidad que éstos podrían llegar a tener dentro de un rango preestablecido, pero aún no hay forma segura de predecir exactamente cuándo ocurrirá. Con el uso de modernas tecnologías como el desplazamiento anual medido por datos de GPS, o por “interferometría” de varias imágenes

satelitales tomadas con diferencias de fracciones de segundos, minutos o días o con tomografías de alta resolución, se puede llegar a determinar qué zonas o sectores tienen un comportamiento anómalo. Los chinos, cuyo país ha registrado los terremotos con mayor cantidad de víctimas conocidos desde hace centenares de años, han desarrollado métodos muy sencillos para detectarlos a través del comportamiento de ciertos animales. Por ejemplo, los sapos comunes (*Bufo bufo*), las aves de corral, los caballos y mulares, y en otros lados, los elefantes, entre otros, registran un comportamiento de alta nerviosidad horas antes de los terremotos. Esto ha sido interpretado como resultado de su capacidad auditiva de frecuencias bajas a las que se asocian los temblores de basamento que se producen con anterioridad a la fase sísmica principal.

La prevención

En la Argentina, instituciones como el Instituto Nacional de Prevención Sísmica de San Juan (INPRES) o el Servicio Geológico-Minero Argentino (SEGEMAR), publican mapas de riesgos naturales que son fundamentales para analizar la información recibida y regular las obras o construcciones bajo estrictas normas sismo-resistentes. Antes del terremoto que destruyó la ciudad de San Juan en 1944, el país no tenía estudios detallados que pudieran ayudar a prevenirlo. A partir de allí se inició la sismología sistemática en nuestro país con registros regulares de la actividad, la aceleración máxima de estos eventos y sus hipocentros. Sobre esta base se establecieron las normas de construcción que permitieron salvar vidas ante estos eventos naturales. El terremoto de Cauçete en 1977, cercano a la ciudad de San Juan, que fue de magnitud similar al que ocurrió en 1944, produjo daños menores dado que la ciudad había sido reconstruida con adecuadas regulaciones y normas sismo-resistentes.

Además de prepararse con acento?? convenientemente para tales emergencias, muchas ciudades alrededor del Pacífico, sobre todo en México, Perú, Japón, Ecuador, Hawái y Chile, disponen de sistemas de alarma y planes de evacuación en caso de

un maremoto peligroso. Diversos institutos geológico-geofísicos de diferentes partes del mundo se dedican a la previsión de maremotos y la evolución de éstos es monitoreada en forma permanente con la ayuda de satélites. Es relevante trabajar en la prevención para evitar los casos como Haití, con numerosas víctimas. También es imprescindible dedicar esfuerzos en una adecuada información de la población para mitigar los efectos de los eventos naturales y llegar a una actividad sustentable instrumentando planes de emergencia desde la escuela primaria.

¿Qué vinculación tienen los sismos con la actividad volcánica?

Cabe señalar que nuestro planeta y el satélite de Júpiter llamado Io, son los únicos que presentan, aunque con diferentes características, volcanismo activo. Como se ilustra en la figura 2, las zonas sismogénicas pueden también vincularse en forma directa con la actividad volcánica. La más relevante es el contacto entre placas (zona de *subducción*) o de interplaca. El caso del volcanismo reciente de la zona de Puyehue-Caulle en Chile, cuyos productos aéreos provocados por la erupción tuvieron una gran expansión, es porque parte de la energía planetaria está siendo liberada rápidamente durante la actividad volcánica, y puede manifestarse en forma más o menos explosiva. Los volcanes dan clara idea de la energía que existe en el interior del planeta, que también es liberada en forma lenta por transmisión del calor desde el núcleo y manto terrestre hacia las rocas que conforman las capas más externas de la Tierra. La actividad volcánica se puede originar en un determinado sitio a lo largo de miles de años y construir edificios volcánicos de grandes dimensiones (el planeta Marte expone volcanes extintos de más de 25.000 m de altura) o manifestarse como pequeños conos. En la cadena Andina los volcanes forman una parte importante de paisaje. También se presentan en sectores extrandinos o al pie de la cordillera, pero de menor tamaño. La actividad volcánica puede ser destructiva o catastrófica, pero también como contraparte puede ser utilizada como energía geotérmica (véase el

trabajo de Eduardo Jorge Llambías en esta publicación), como fuentes saludables de aguas termales, materiales de construcción e incluso para el desarrollo del turismo en los denominados parques o reservas volcánicos.

Es importante subrayar que los registros de sismos y actividad volcánica no se han incrementado según las pruebas estadísticas. Ahora se dispone de mayor cantidad de equipos y mejor tecnología (sismógrafos de última generación, equipamiento GPS, imágenes radar satelitarias, entre otros) que nos permiten acceder a una información rápida, casi en tiempo real y que luego es difundida mundialmente por todos los medios de comunicación (antes había que usar el telégrafo). El *Global Earthquakes Model* (GEM), donde participan profesionales de nuestro país, es una red institucional que estudia los registros de los terremotos más importantes del mundo. Uno de los objetivos inmediatos de esta institución es el diseño de modelos probabilísticos para la actualización de códigos de construcción en zonas de riesgos naturales. La información generada resulta en una base de datos pública y accesible.

La dinámica de la Tierra que hemos bosquejado ha sido la que ha permitido el desarrollo de la litósfera con sus placas tectónicas y su “geodiversidad”, la atmósfera actual (rica en oxígeno y, en los niveles superiores, la capa de ozono protectora de los rayos ultravioletas), la hidrósfera y la biósfera con toda su biodiversidad a través de millones de años de evolución geológica. Cualquier alteración importante de uno de estos sistemas influirá sobre los otros, por ello es importante el “conocimiento del pasado geológico para comprender el presente”.◆

Lecturas sugeridas

Acerca de los sismos en la provincia de Buenos Aires, puede consultarse S. Gershanik, *Sismología*, La Plata, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, 1996; E. Jaschek, “¿Hay sismos en la Provincia de Buenos Aires?”, *Ciencia e Investigación*, 28 (1-2):26-29, 2004; N. Sabbione, *Implementación de la red de estaciones sismológicas de la Universidad Nacional de La Plata Aplicaciones*. Tesis de Doctorado en Geofísica. Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, 2004. Inédito.

Astronómicas

Para leer más sobre el comportamiento de los animales ante la inminencia de un sismo, véase R. A. Grant y T. Halliday, “Predicting the unpredictable; evidence of pre-seismic anticipatory behaviour in the common toad”, en *Journal of Zoology*, 281(4):263-271, 2010.

Acerca de la formación de volcanes, y de su potencial uso como fuente de energía, véase E. J. Llambías, *Volcanes. Nacimiento, estructura, dinámica*, Buenos Aires, Vázquez Mazzini Editores, 2009.

Carlos A. Cingolani, Profesor titular de la UNLP e investigador de CONICET. Jefe de la División Geología del Museo de La Plata (UNLP). Víctor A. Ramos, Profesor Titular de la UBA e investigador de CONICET. Director del Instituto de Estudios Andinos (IDEAN). Correspondencia a Carlos Cingolani: carloscingolani@yahoo.com o bien cingola@fcnym.unlp.edu.ar. Los autores agradecen a la licenciada A. Bidone por la colaboración prestada en la búsqueda bibliográfica.



GEOLOGÍA

Potencialidad del recurso geotérmico en la Argentina

Eduardo Jorge Llambías

Nuestro planeta, la Tierra, aún conserva parte de su calor primigenio, acumulado durante su creación, hace aproximadamente cuatro mil quinientos millones de años. Encerrado en las capas más altas de la corteza, calienta el agua subterránea de la cual se puede extraer energía de forma no contaminante.

La Tierra todavía no ha alcanzado el equilibrio térmico. Por eso, el calor tiende a escapar hacia la atmósfera y luego hacia el espacio. En el interior del núcleo es donde se encuentran las mayores temperaturas, de alrededor de 6.000 °C. En el contacto núcleo-manto la temperatura es de unos 4.000 °C y disminuye gradualmente hasta la superficie (figura 2).

Estas altas temperaturas implican que una gran parte del interior de la Tierra se comporta como un fluido de elevada viscosidad, por lo cual se desarrollan corrientes convectivas. Solamente el interior del núcleo y la capa más externa de la Tierra sólida, denominada litósfera, se comportan como cuerpos rígidos. El resto fluye muy lentamente y permite el ascenso de masas de rocas de menor densidad y mayor temperatura desde la base del manto hasta chocar con la litósfera. Estas masas, como se ve en la figura 2, se llaman “plumas térmicas”, y están compuestas por rocas parcialmente fundidas que al toparse con la litósfera se derraman por debajo de ella, creando tensiones que las fragmentan y las arrastran como balsas.

La litósfera es la capa que dificulta la salida del calor a la atmósfera. La energía

Pluma térmica

Las plumas térmicas funcionan como cintas transportadoras que llevan hacia arriba rocas con menor densidad y mayor temperatura que las del ambiente que las rodea. Estas plumas atraviesan el manto, desde su límite con el núcleo hasta la base de la litósfera. Muchas islas volcánicas, como las del archipiélago de Hawái, tienen su origen en el impacto de una pluma térmica con la litósfera (véase figura 2).



calórica, en su esfuerzo por escapar hacia el espacio, fractura la litósfera, formando placas que se desplazan unos pocos centímetros por año y chocan entre sí, generando las montañas. Por este motivo, a las placas se las denomina comúnmente placas tectónicas, por la intensa deformación que ocurre en sus bordes. El calor se escapa con preferencia a través de los

1 - Fuente termal El Humazo, en el volcán Domuyo, provincia de Neuquén. Fotografía tomada por el autor en 1975.

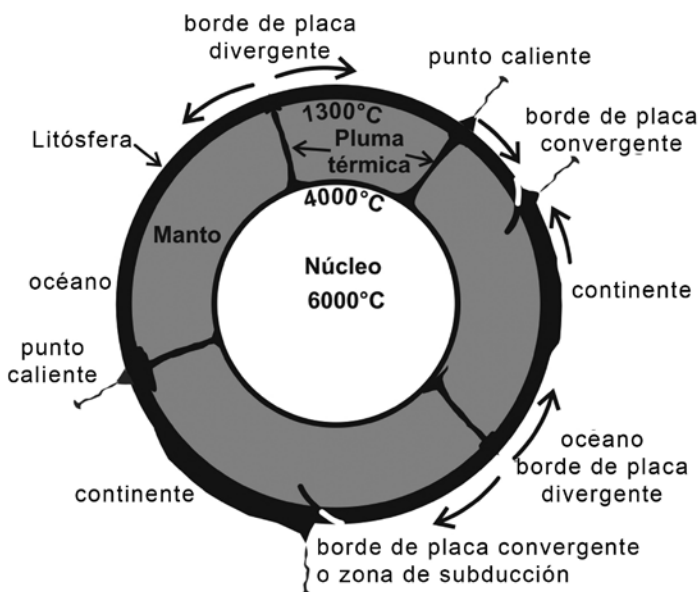
contactos entre placas, ya sea en aquellas zonas donde las placas se apartan como en las que las placas chocan. La actividad volcánica, presente en ambos casos, es el mecanismo más eficiente del escape de calor, ya que los grandes volúmenes de

Corrientes convectivas

En el seno de un líquido en reposo comúnmente se producen movimientos internos denominados corrientes convectivas. Esto se debe a que el líquido no es térmicamente homogéneo, por lo cual éste se desplaza desde las zonas más calientes, o menos densas, hacia las zonas más frías. Un ejemplo se puede observar cuando se calienta agua en un recipiente. El agua de la base del recipiente asciende hacia la superficie mientras que ésta por ser más fría, y por lo tanto más densa, desciende. También, las corrientes convectivas se originan debido a diferencias en la composición del líquido. Un ejemplo ocurre cuando el magma contiene agua disuelta y debido a que el volumen específico de ésta es muy alto respecto al magma, tiende a ascender buscando las zonas de menor presión, por lo cual las porciones del magma más ricas en agua disuelta se acumulan en la parte superior de la cámara magmática.

magma que salen a la superficie también transportan gran cantidad de calor, el cual se disipa en la atmósfera.

Si la litósfera fuera de cobre, la Tierra ya se habría equilibrado térmicamente, y no existiría la tectónica de placas. Pero en el interior de las placas tectónicas, el calor se escapa lentamente por conducción. La placa, que se calienta desde abajo, es mala conductora del calor: el coeficiente de conductividad térmica es muy pequeño, casi unas cuatrocientas veces menor que el del cobre. La variación del calor en relación con la profundidad en la litósfera se denomina gradiente geotérmico, y su valor promedio es de $30\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$, o sea que la temperatura aumenta $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ cada 33 metros de profundidad.



2 - Estructura interna de la Tierra, donde se muestra el núcleo, el manto y la litósfera, la cual está dividida en placas que se desplazan pocos centímetros por año. El lugar donde las placas se separan se llama borde divergente de placas, generalmente situado en el medio de los océanos, y donde chocan, borde convergente de placas. En estos últimos se origina la subducción, lo cual significa que una de las placas se desliza por debajo de la otra, y es aquí donde se originan las grandes cordilleras y la actividad sísmica y volcánica. Las plumas térmicas son masas de rocas de menor densidad y mayor temperatura que ascienden desde el límite manto-núcleo hasta chocar con la litósfera. Cuando estas plumas intersectan la litósfera oceánica se genera un punto caliente, sobre el cual se desarrollan los volcanes oceánicos, como por ejemplo los grandes volcanes del archipiélago de Hawái.

Qué es la Geotermia

Geotermia es la ciencia que estudia la evolución del calor en la parte más superficial de la litósfera, esto es, en la parte alta de la corteza superior. Uno de los objetivos más importantes de esta ciencia es la transformación del calor en energía eléctrica, por lo cual recibe la denominación de *energía geotérmica*. Puesto que este recurso debe ser económico, la exploración geotérmica debe realizarse a profundidades que no superen en promedio los 5 km, porque a partir de esta profundidad los costos operativos resultan muy elevados. El recurso favorable para la transformación del calor en energía eléctrica es el agua, debido a la facilidad de su transporte y a la propiedad de transformarse en vapor por encima de los 100°C . Por esto, la exploración geotérmica tiende a detectar en el subsuelo cuerpos de agua caliente, que luego extraerá para darles un uso adecuado.

En la clasificación de los yacimientos geotérmicos es importante tener en cuenta la temperatura del agua, cuya variación expresa la energía calórica disponible en el sistema. Esta energía interna al cuerpo puede medirse cuando se intercambia de un sistema a otro, y recibe el nombre de *entalpía*. De acuerdo con la temperatura del agua confinada en profundidad se pueden tener dos tipos de yacimientos geotérmicos:

- 1) yacimientos geotérmicos de baja entalpía, con temperaturas normalmente inferiores a $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ y
- 2) yacimientos geotérmicos de alta entalpía, con temperaturas por encima de $120\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Estos últimos son los que pueden producir energía eléctrica con costos competitivos, ya que el costo de la transformación de agua en vapor lo hace la naturaleza.

Yacimientos geotérmicos de baja entalpía

Los yacimientos geotérmicos de baja entalpía en general obtienen su calor por el gradiente geotérmico. Por esto, vulgarmente también se los denomina yacimientos geotérmicos de gradiente. En su



3 . Mapa de la República Argentina que muestra la distribución de los volcanes más jóvenes de la Argentina, Cuaternario Tardío y de los recursos geotérmicos de baja y alta entalpía. Campos termales de baja entalpía: 1 Río Valdez; 2 Bahía Blanca-Pedro Luro; 3 El Ramal; 4 Acuífero Guaraní, cuya extensión se muestra en gris. Campos termales de alta entalpía: 5 Copahue; 6 Domuyo; 7 Volcán Tuzgle; 8 Valle del Cura.

mayoría, no están en relación con campos volcánicos, y en los casos en que sí lo están, los campos volcánicos se encuentran en vías de extinción o los yacimientos están alejados de un campo volcánico activo.

Las aguas termales de gradiente provienen de acuíferos profundos, donde adquieren temperaturas moderadamente elevadas. A veces llegan en forma natural a la superficie como manantiales de aguas calientes. En estos casos el agua asciende rápidamente hasta la superficie a través de fracturas que interceptan el acuífero, sin llegar a enfriarse. El aprovechamiento industrial de este agua caliente se realiza por perforaciones que alumbran el acuífero profundo.

La utilidad en los yacimientos de baja entalpía consiste en calefacción urbana, calefacción de viveros y otros usos agrícolas. También se utilizan como aguas termales para piscinas y balnearios termales.

En la Argentina los campos geotérmicos de baja entalpía más importantes son Río Valdez en Tierra del Fuego, Bahía Blanca-Pedro Luro en la provincia de Buenos Aires, El Ramal en la provincia de Jujuy, y el acuífero Guaraní, que abarca varias provincias de la Mesopotamia Argentina y se extiende a Brasil y Uruguay (figura 3).

El campo termal Río Valdez en Tierra del Fuego se encuentra a unos escasos kilómetros al sur de Tolhuin. Está asociado a las fallas del flanco norte de la cordillera fueguina. Se han reconocido 13 manantiales de aguas bicarbonatadas sódicas, con una acidez (pH) que varía entre 7,8

y 8,2. Las temperaturas medidas en superficie varían entre 31° y 40 °C, con un promedio general de 38,5 °C y un caudal aproximado total de 65.213 l/h. La temperatura del agua en profundidad se ha estimado entre 88° y 98 °C (fuente: <http://proyectoargentino.org.ar/geoter1.html>).

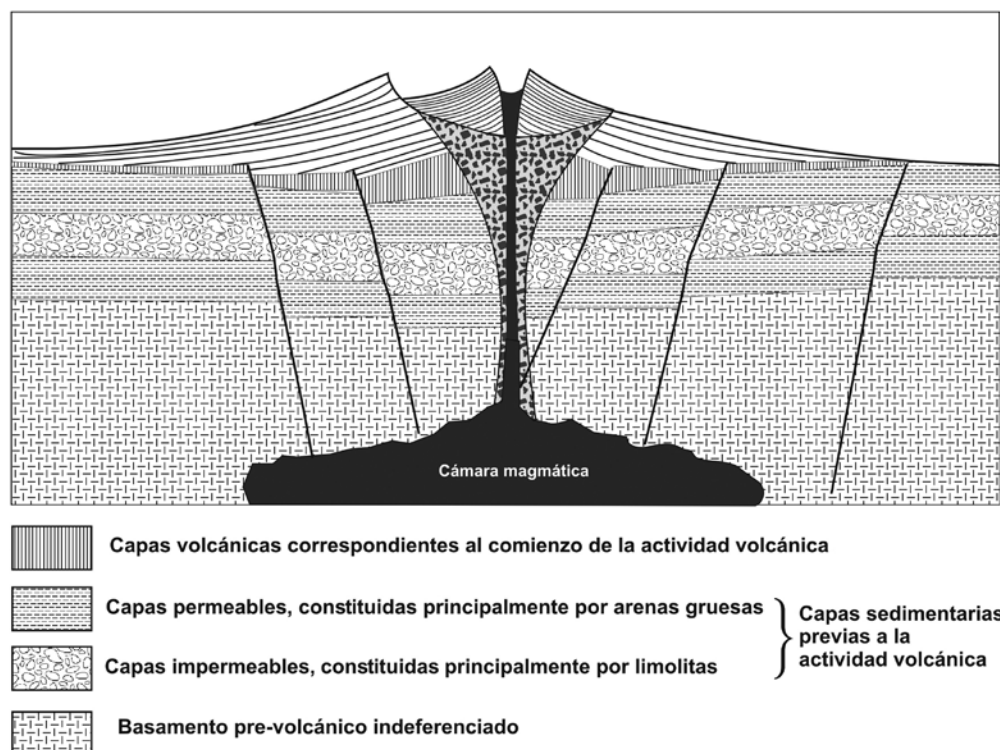
El yacimiento Bahía Blanca-Pedro Luro se encuentra en el extremo sudoeste de la provincia de Buenos Aires y abarca más de 37.000 km². Se caracteriza por presentar capas acuíferas surgentes de baja termalidad, con temperaturas entre 50° y 74°C, a profundidades entre 500 y 1.300 m.

El reservorio termal se encuentra en dos niveles de profundidad. El superior se encuentra entre 530 y 570 m, con temperaturas entre 55° y 60°C. El nivel inferior representa el acuífero más importante de la región, con profundidades entre 660 y 886 m y temperatura entre 65° y 85°C (fuente: <http://proyectoargentino.org.ar/geoter1.html>).

El campo termal de la región del Ramal se encuentra en las sierras subandinas, departamento de Santa Bárbara, Jujuy. Abarca un área de 1.250 km² en la cual se encuentran las áreas de Caimancito, laguna La Quinta y El Palmar. Las temperaturas en superficie varían entre 37° y 58 °C pero en profundidad es mayor. Los cálculos geotermométricos arrojan temperaturas entre 90° y 120 °C. Los acuíferos se encuentran en diversas profundidades con una cota máxima en el interior de la cuenca de 4.000 m, donde se registran las mayores temperaturas. Las aguas son sulfatadas cloruradas sódicas, clorurado sódico sulfatadas bicar-

Ciencias Económicas

CONSEJO | LA PLATA | BUENOS AIRES



bonatadas y cloruradas sódicas, respectivamente.

Otro campo termal de baja entalpía de importancia es el que está relacionado con el sistema del acuífero Guaraní, cuya inmensa extensión, 1.190.000 km², lo incluye entre las reservas de agua dulce más grandes de nuestro planeta. El campo de aguas termales con mayor explotación turística abarca el este de la provincia de Entre Ríos y oeste de Uruguay. Las aguas termales poseen temperaturas entre 33° y 65 °C y se encuentran a profundidades entre 1.200 y 1.500 m (Para acceder a mayor información véase el resumen publicado por J. N. Santa Cruz, en la revista de divulgación científica *Ciencia Hoy*, número septiembre/octubre 2009).

Yacimientos geotérmicos de alta entalpía

Los yacimientos geotérmicos de alta entalpía están asociados a volcanes cuaternarios con edades menores a un millón de años. Por este motivo, se encuentran en la cordillera de los Andes, cercanos al límite con Chile. El calor proviene de las raíces volcánicas que todavía no se han equilibrado con la tem-

4 - Esquema que muestra un yacimiento geotérmico en un estrato-volcán de composición andesítica. Las capas sedimentarias permeables delimitan el acuífero, el cual se encuentra confinado entre capas impermeables. El gradiente geotérmico de este lugar fue modificado por la existencia de la cámara magmática que alimenta al volcán. Parte del agua de este acuífero es de origen meteórico y parte de origen magmático.

peratura ambiente. El recurso geotérmico consiste en agua, que comúnmente resulta ser una mezcla de agua meteórica con agua de origen volcánico. La misma se encuentra confinada en un cuerpo poroso y permeable delimitado por capas de baja permeabilidad (figura 4). En los casos en que la permeabilidad del cuerpo poroso es baja, el agua puede estar a mayor presión con respecto al medio que la rodea ya que debido a su escasa permeabilidad no fluye para equilibrarse con la presión ambiente y de esta manera posee una potencialidad energética muy alta. En cambio, cuando la permeabilidad es alta la presión a la que se encuentra el agua entre los poros es igual al peso de la columna de rocas que soporta y está en equilibrio con el medio.

La exploración geotérmica consiste en encontrar estos cuerpos de agua confinados y por medio de una perforación

Biología

Geología

Botánica

Paleontología

Ecología

Geoquímica

Zoología

**Consejo Profesional de Ciencias Naturales
de la Provincia de Buenos Aires**

TRABAJAMOS EN LA
INVESTIGACIÓN, EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN
DE LOS RECURSOS NATURALES
EN EL MARCO DEL DESARROLLO SUSTENTABLE

llevarlos a la superficie. La rápida y fuerte descompresión produce gas con elevada energía, capaz de mover turbinas y producir electricidad. En este sentido, el sistema de generación de energía es el de una clásica máquina de vapor, donde la energía térmica del agua se transforma en energía mecánica, la cual por medio de una turbina es transformada en energía eléctrica. En los yacimientos geotérmicos en los cuales el agua que se extrae se repone por recarga del acuífero la fuente de energía térmica es prácticamente infinita.

Uno de los inconvenientes de la exploración de yacimientos geotérmicos de alta entalpía es la agresividad química de las aguas. Por esto se requieren materiales especiales para evitar la corrosión, lo cual encarece la exploración y producción de energía.

Debido a que los yacimientos geotérmicos de alta entalpía están relacionados con volcanes jóvenes, con todos ellos se encuentran a lo largo de la cordillera, donde la población es muy escasa. Por lo tanto hay que tener en cuenta en el balance económico que la energía producida hay que transportarla a los lugares de consumo.

El yacimiento geotérmico mejor estudiado de la Argentina y con resultados prometedores es el del volcán Copahue, en Neuquén. Se han realizado tres perforaciones con profundidades entre 1.065 y 1.414 m. Durante esta exploración se halló un reservorio entre 850 y 1.000 m de profundidad, compuesto por una mezcla de agua-vapor a 230 °C, produciendo un fluido geotérmico a 6,7 Tn/hora de vapor saturado (<http://proyecto-argentino.org.ar/geoter1.html>). Se instaló una planta eléctrica piloto y si bien los resultados fueron alentadores, la usina eléctrica no se concretó. En la actualidad, el agua caliente alimenta el centro termal de Copahue, que cuenta con modernas instalaciones y atención médica, que le dan jerarquía internacional.

En el norte de Neuquén también se encuentra el campo termal del Domuyo, asociado al importante volcanismo riolítico cuaternario de esta área. Estudios posteriores de superficie permitieron delimitar un reservorio entre 650 y 750 m de profundidad confinado por una capa impermeable, con temperaturas de alrededor de los 220 °C (<http://proyectoargentino.org.ar/geoter1.html>). El agua en los manantiales en superficie alcanza la temperatura de ebullición y en algunos casos resulta ser una combinación de agua y vapor como en El Humazo (figura 1).

Otras regiones con recursos geotérmicos de alta entalpía también están relacionadas con actividad volcánica reciente. Los campos termales más importantes todavía carecen de estudios exploratorios, excepto los relacionados con el volcán Tuzgle, en la puna de Jujuy, casi en el límite con la provincia de Salta. El campo geotérmico se evidencia por los manantiales cuyas temperaturas oscilan entre 20 °C y 56 °C. Los estudios realizados han permitido inferir en profundidad temperaturas de 130° a 140 °C, y estas últimas resultarían de la mezcla de aguas calientes de mayor profundidad con aguas más frías y menos profundas.

A 15 km al suroeste del Tuzgle se encuentra el campo geotérmico de Tocomar, cuyos manantiales tienen temperaturas entre 40° y 80 °C, con temperaturas inferidas para el reservorio de 130° y 136 °C.

Agua magmática y agua meteórica

En los procesos volcánicos participan con frecuencia dos tipos de agua: agua magmática y agua meteórica. El agua magmática es el agua disuelta en el magma, que al llegar cerca de la superficie se libera. El agua meteórica, en cambio, es el agua de lluvia que se infiltra desde la superficie a través de las rocas. En numerosas ocasiones ambos tipos de agua se mezclan y se requieren estudios específicos para determinar la proporción de cada una de ellas.

C A M A R A A R G E N T I N A
D E L A
C O N S T R U C C I O N

DESDE 1946 AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCION
EN LA PROVINCIA

DELEGACION
PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Av. 7 N° 1076 e. 54 y 55 - 1900 - La Plata

En la provincia de San Juan se encuentran los prospectos de Valle del Cura probablemente relacionados con el volcán Tórtola, situado en el límite con Chile. Sobre la base de anomalías químicas e isotópicas se infirió la probable existencia, a profundidades accesibles por perforación, de fluidos de tipo agua-vapor con temperaturas superiores a los 200°C y en niveles de circulación y almacenamiento secundarios, temperaturas de 130° - 150°C (fuente: <http://proyectoargentino.org.ar/geoter1.html>).

Otros distritos volcánicos con importantes manantiales de aguas termales son los que se encuentran relacionados con los volcanes activos de Peteroa y Tupungatito en la provincia de Mendoza.

El desafío: energías no convencionales

Los recursos eléctricos provistos por desarrollo de proyectos geotérmicos son cada vez más necesarios porque el consumo de energía en nuestro planeta, y en particular en nuestro país, aumenta constantemente. Debido a los problemas de contaminación ocasionados por las fuentes de energía basadas en el consumo de combustibles fósiles, la energía geotérmica es una alternativa atractiva: es una fuente limpia y su potencial aún no ha sido debidamente explorado.

Un ejemplo del interés por la energía geotérmica es el caso de los yacimientos en el área de The Geysers, en California, Estados Unidos. Con más de 40 años de actividad, el volumen de agua-gas disponible se fue agotando paulatinamente, hasta que nuevas inversiones pudieron implementar un sistema para recargar los acuíferos y solucionar el problema de su agotamiento.

Los recursos geotérmicos de la Argentina con temperaturas adecuadas para la generación de energía eléctrica están relacionados con los volcanes del Cuaternario tardío de la cordillera de los Andes. Por esta razón están alejados de las fuentes de consumo y de las redes troncales de transmisión de energía eléctrica. No

obstante, es imprescindible llevar a cabo los estudios de factibilidad a fin de poder contar con este recurso y utilizarlo en el momento que sea necesario. Es que sin energía no se mueve la industria, y ésta es más competitiva cuanto mayor disponibilidad de energía cuente el país.

El dominio de la tecnología para la creación de energía se puede comparar con el avance de la humanidad cuando transitó de la tecnología del bronce a la tecnología del hierro. Por este motivo, la Argentina debe hacer un gran esfuerzo por implementar políticas de largo plazo para alcanzar un nivel energético no convencional que le permita ponerse entre los países más desarrollados en este tema.◆

Eduardo Jorge Llambías. Profesor Emérito Universidad Nacional de La Plata. Correo electrónico: llambias@cig.museo.unlp.edu.ar



BOTÁNICA

Patagonia: cuna de las margaritas

Liliana Katinas
Jorge V. Crisci

Las margaritas, cardos, dalias y mutisias son miembros de las Compuestas, es decir, las *Compositae* o *Asteraceae*, la familia más numerosa y ampliamente distribuida entre las plantas con flores. Dónde y cuándo se originó esta familia son preguntas que los científicos se hacen desde hace siglos. Se revelan aquí hallazgos en la Patagonia de la Argentina que podrían ayudar a resolver este misterio.

Si pudiésemos viajar al pasado, 50 millones de años atrás, al oeste de la Patagonia quedaríamos totalmente sorprendidos. En lugar de los imponentes coihues, lengas, ñires (*nothofagus*) y araucarias de los bosques subantárticos nos encontraríamos con una selva de exuberante vegetación subtropical. Encontraríamos una gran diversidad representada por los miembros de las familias de la casuarina, de los nogales, del palo borracho, de los tilos, de los pastos y de las palmeras. Y en algún claro de esa selva veríamos asomar tímidamente la colorida cabezuela de una planta que está en sus primeros intentos de supervivencia. Seríamos testigos de los inicios de una familia vegetal que se transformaría en el futuro en la más exitosa de todo el planeta en términos evolutivos: la familia de las Compuestas.

Una familia prolífica y conquistadora

El girasol, la margarita, el cardo, la lechuga, las bellas mutisias de los bosques patagónicos, como la que se ve en la figura 1, las dalias y crisantemos, pertenecen a la familia de las Compuestas o Asteráceas, la familia más numerosa del reino vegetal. Con cerca de 1.600 géneros y más de 23.000 especies, estas plantas se hallan en todos los continentes excepto en la Antártida. El gran número de especies hizo que los científicos dividieran la familia en categorías menores, como tribus y subfamilias, para su estudio.

Las Compuestas reciben este nombre por sus flores reunidas en un conjunto de flores, es decir, en una inflorescencia única llamada capítulo, que asemeja una sola flor, lo cual es exac-



to desde un punto de vista funcionalmente biológico, pero que en realidad se compone de numerosas flores. Los “pétalos” de una margarita son en realidad flores con corolas desarrolladas que se hallan en el margen del capítulo, y el botón central amarillo está formado por numerosas flores con la corola más reducida. Los distintos agentes polinizadores como abejas, escarabajos, avispas, colibríes y hasta pequeños mamíferos, se acercan a estas vistosas agrupaciones de flores para obtener el néctar o el polen, y así en cada visita polinizan un gran número de flores en lugar de una única flor. Esta morfología aparentemente simple es la principal responsable del gran éxito evolutivo de la familia. Otra característica interesante de este grupo es su forma de dispersar los frutos. La mayoría de sus miembros tienen los frutos coronados por unos pelos dispuestos a modo de paracaídas, el pappus, y son así llevados

1 - *Mutisia retrorsa*, una flor característica del bosque andino-patagónico. Foto: M. Bonifacino

por el viento y alejados de la planta madre. Los llamados “panaderos” de plantas como el diente de león (*Taraxacum officinale*), no son otra cosa que los frutos envolviendo una única semilla transportados por el pappus.

Dónde y cuándo se originaron las Compuestas son las preguntas que los botánicos se hacen desde hace siglos. Partiendo de la hipótesis de que una de las tribus actuales tiene que ser más primitiva que las demás, y por ello, podría encontrarse más próxima a su antecesor, los botánicos fueron postulando a distintas tribus de Compuestas como las más cercanas al antecesor, sin llegar a un consenso. Estas preguntas fueron encontrando su respuesta con el desarrollo y la aplicación de los métodos denominados cladísticos. La idea de que la vida tiene una

historia (filogenia) y que esa historia puede representarse como un árbol (cladograma) cuyos puntos de ramificación se forman de acuerdo con las novedades evolutivas que se presentan a lo largo de la historia de los seres vivos, cambió las hipótesis existentes hasta ese momento sobre la posible tribu ancestral de las Compuestas. Científicos de la Universidad de Michigan descubrieron en 1988 una modificación en un importante segmento del ADN de los cloroplastos de las Compuestas. Esta porción de ADN se hallaba en posición invertida en la mayoría de los miembros de la familia excepto en un pequeño grupo de géneros hasta entonces perteneciente a la tribu *Mutisieae*, concentrada en América del Sur. Este descubrimiento, dentro de un contexto filogenético, llevó a la nueva tribu *Barnadesieae* y a la tribu *Mutisieae* a la posición más basal en el árbol de la familia, seguidas de *Cardueae* la tribu de los cardos (véase la figura 2). La pregunta: ¿Dónde se originaron las Compuestas? podía ya tener respuestas con un mayor grado de certeza. El hecho de que las ramas más basales del árbol de la familia fueran esencialmente sudamericanas, llevó a la hipótesis de que América del Sur podría ser el lugar de origen de la familia.

En cuanto a la pregunta: ¿Cuándo fueron sus orígenes? Su posible antigüedad también fue sujeta a diversas hipótesis. Si se considera a las Compuestas como una familia moderna y evolucionada de las Angiospermas (plantas con flores), su origen debería ser relativamente reciente. Las edades sugeridas por los científicos sobre la base de evidencias geológicas o de polen fósil iban desde los 100 millones de años (Ma) a los 38 Ma, aunque las edades postuladas más recientemente no van más allá de los 50 Ma. En los últimos tiempos, la teoría del “reloj molecular” se integró a la filogenia de la familia para datar su posible origen. Según esta teoría, los errores espontáneos en el ADN o mutaciones se suceden a cierto ritmo (constante o no), como el tic tac de un reloj, durante la evolución de las especies. De esta forma existe una relación directa entre el tiempo y la cantidad de los cambios. Los puntos de ramificación o divergencia en los cladogramas pueden datarse con un fósil conocido

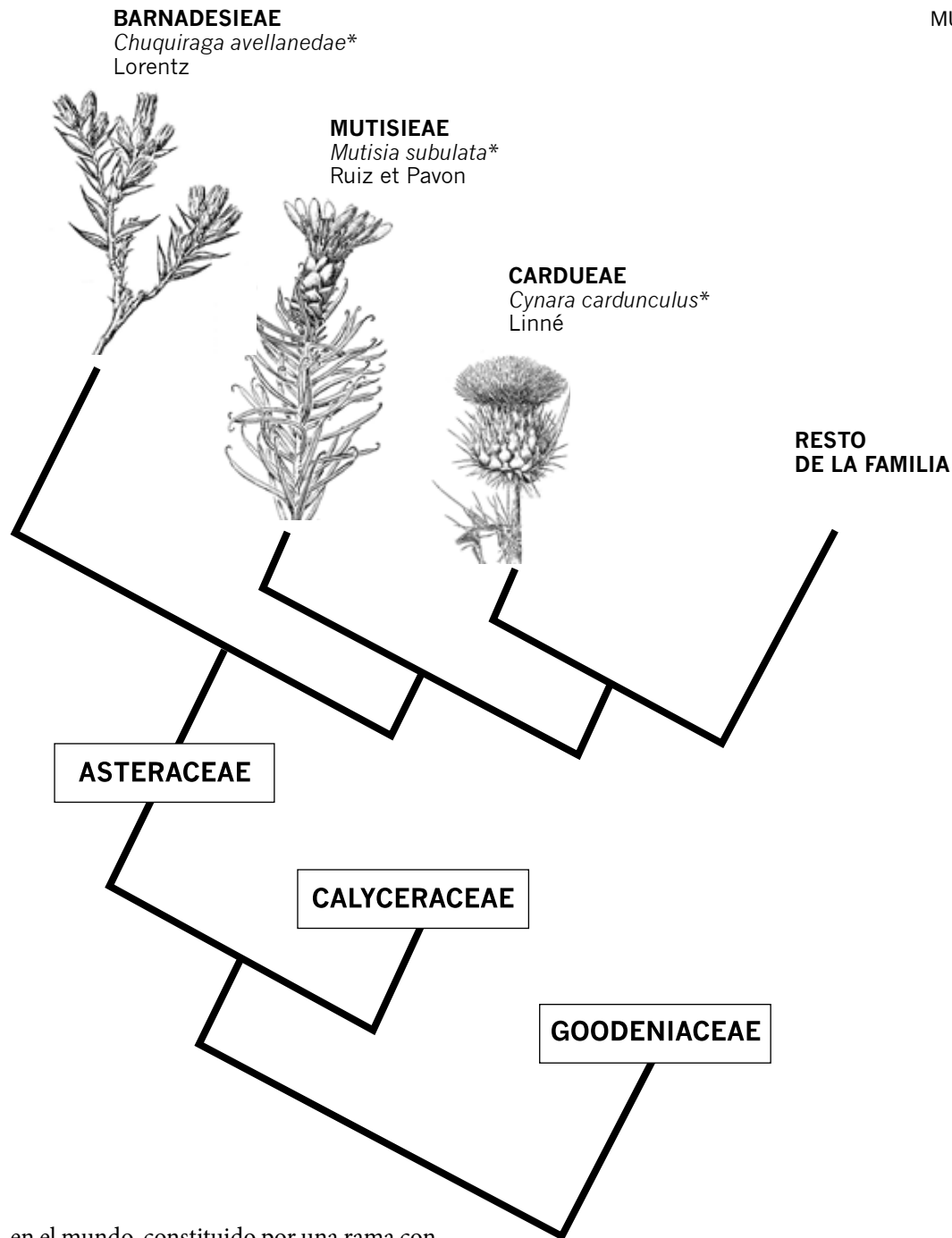
del grupo en estudio, es decir “calibrarse” y luego esta calibración se aplica a las demás especies del cladograma para estimar el tiempo probable de su divergencia. Uno de los problemas del reloj molecular es el uso de fósiles apropiados para la calibración de los cladogramas. En el caso de las Compuestas, hasta el momento se usaban fósiles de grupos vegetales poco relacionados con esta familia, lo que hacía dudar de la precisión del reloj. De acuerdo a los últimos resultados aplicando este método, la familia se habría originado en el Eoceno tardío, hace aproximadamente 38-42 Ma.

En busca del pasado

Los fósiles de Compuestas hallados en el mundo constaban hasta hace muy poco tiempo exclusivamente de granos de polen (microfósiles). En casi todos los continentes se encontró polen fósil, pero las búsquedas en la Patagonia argentina resultaron en numerosos hallazgos de granos de los grupos basales (*Barnadesieae* y *Mutisieae*), provenientes del Oligoceno tardío (28-23 Ma) y del Mioceno (23-9 Ma).

Por otro lado, el hallazgo de fósiles de órganos vegetales en las Compuestas, como hojas, flores, frutos o capítulos (macrofósiles) era prácticamente inexistente. Algunos supuestos capítulos fósiles, como el caso de *Paleanthus problematicus* del Cretácico y de *Viguiera cronquistii* del Oligoceno-Mioceno de América del Norte fueron finalmente adjudicados a otros grupos vegetales, incluso a las coníferas (grupo al que pertenecen, por ejemplo, los pinos). Considerando el tamaño y la importancia de la familia, el hallazgo de macrofósiles, esencialmente de capítulos, era de vital importancia para comprender el origen y evolución temprana de la familia. Preguntas como: ¿Cuándo se originó el capítulo? ¿Cómo eran los primeros capítulos? ¿Cuánto tiempo llevó generar esta estructura tan eficiente? aún no tenían respuesta.

Recientemente, los hechos parecen dar un giro interesante para resolver el misterio de las Compuestas. El estudio de un fósil depositado en el Museo del lago Gutiérrez “Dr. Rosendo Pascual” resultó ser el primer macrofósil inequívoco de Compuestas hallado



en el mundo, constituido por una rama con dos capítulos (véase la figura 3). El hallazgo se produjo en la provincia de Río Negro, muy cerca de Bariloche, donde se halla lo que se conoce como “flora del Río Pichileufú”, perteneciente al Eoceno Medio (47,5 Ma). Esta es una de las floras fósiles más ricas en biodiversidad de América del Sur que se habría desarrollado bajo un clima cálido y húmedo y estaba compuesta por miembros de diversas familias, algunas de las cuales hoy persisten sólo en Australasia.

Éste no era sólo el primer microfósil de

2. Árbol filogenético o cladograma que muestra los grupos basales, *Barnadesieae*, *Mutisieae* y *Cardueae*, de las Compuestas (*Compositae* o *Asteraceae*) y a las dos familias filogenéticamente más cercanas *Calyceraceae* y *Goodeniaceae*. * Tomadas de A. L. Cabrera, Flora Patagónica (Edición de M.N. Correa), Buenos Aires, Colección científica del INTA, 1971.

la familia, sino que también era el fósil más antiguo encontrado hasta el momento, más antiguo que la edad sugerida por el reloj molecular, y que aportó aún más evidencia sobre un posible origen sudamericano de

equipamientos para empresas y oficinas



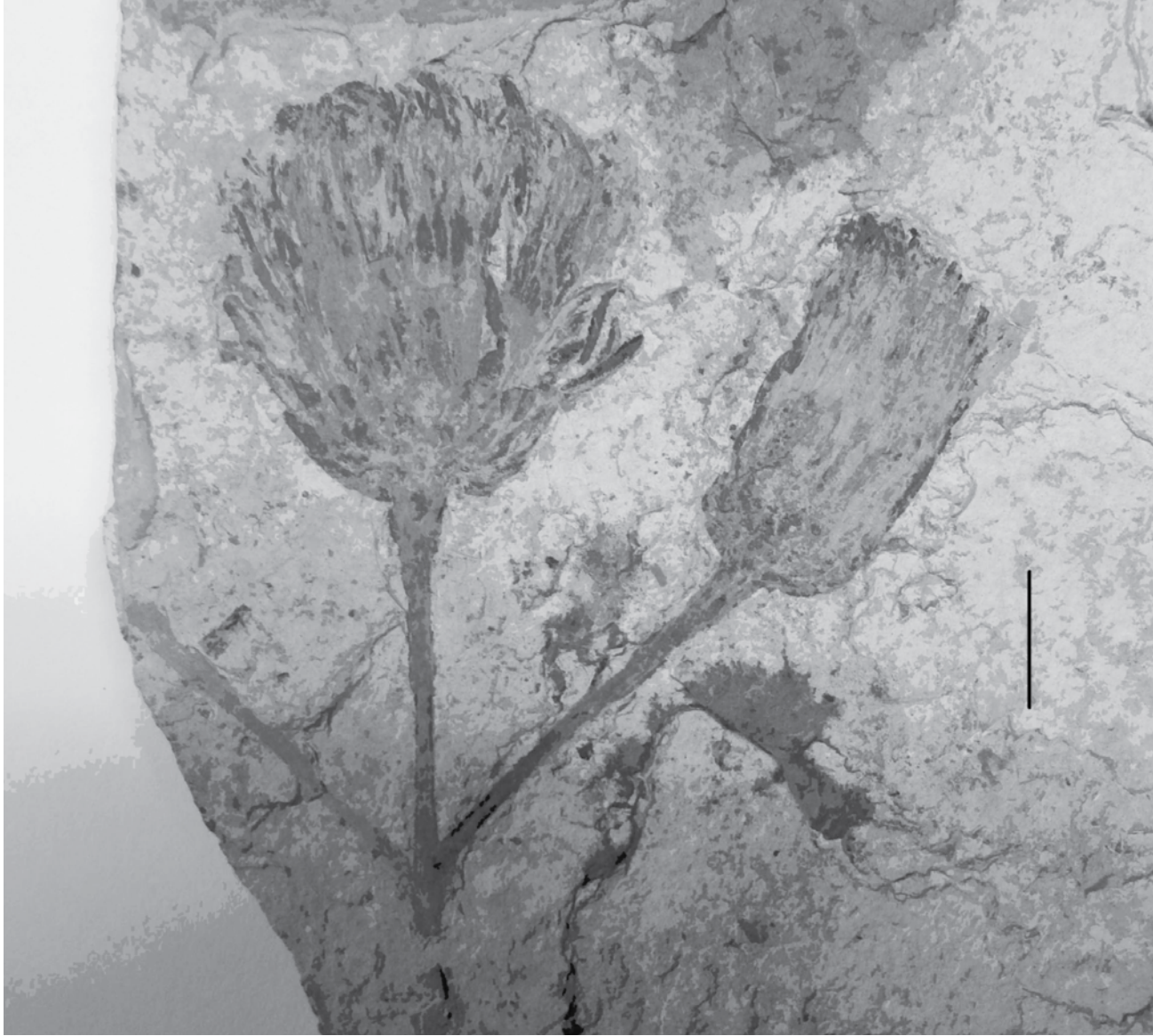
www.habitatequipamiento.com.ar



Calle 57 N°524 La Plata 482-2417 482-4283



habitat
EQUIPAMIENTO



las Compuestas. Si bien existen reportes de polen fósil del Eoceno de Sudáfrica, estos hallazgos aún requieren confirmación de la antigüedad de los estratos portadores. Si bien no era posible observar detalles internos que son importantes para comprender cómo eran estas primeras Compuestas, la morfología externa del fósil podía aportar datos valiosos. En general coincidía con las características postuladas por distintos autores desde hace décadas para el potencial antecesor de las Compuestas: ramas con pocos capítulos, cada capítulo con numerosas flores, rodeadas de varias series de hojas modificadas (filarias) dispuestas helicoidalmente. Estos caracteres existen hoy en miembros de varias tribus y son muy comunes en los grupos basales. Otra característica interesante es el desarrollo de sus corolas, las que tienen una apariencia alargada en el fósil, y podrían sugerir una posible adaptación a la polinización por

3 - *Raiguenrayun cura*, fósil de Compuestas hallado recientemente en la provincia de Río Negro, Argentina, datado en 47,5 Ma. Se observa una rama con dos capítulos. Escala = 1 cm.

colibrís (llamada ornitofilia). Dado que se trata de un tipo común de polinización en los actuales grupos basales de Compuestas, y que la flora fósil de Río Pichileufú se componía de familias cuyos miembros actuales también comparten este tipo de polinización (por ejemplo, la del palo borracho, la del notro), la ornitofilia en los linajes basales de la familia es una hipótesis que debería tenerse en cuenta. Y más sugestivo es interpretar qué papel jugó el polinizador en la evolución del capítulo. Quizás algo muy interesante del hallazgo es que el capítulo, una estructura compleja, ya estaba formado, lo que lleva a pensar que el origen de la familia tuvo que ocurrir aún antes del Eoceno medio.

A pesar de toda la información que el macrofósil podía brindar, las característi-

cas del capítulo no permitían relacionarlo con algún grupo particular de la familia. Afortunadamente, mediante una cuidadosa búsqueda se hallaron unos escasos granos de polen en la roca asociada al fósil. Estos cuerpos milimétricos podían aportar información fundamental.

Donde el polen cuenta la historia

Los granos de polen son los portadores de las gametas masculinas en las plantas superiores. Son transportados por distintos agentes polinizadores como insectos, aves, pequeños mamíferos e incluso el agua o el viento hasta la gameta femenina para que se produzca la fecundación y se genere así un nuevo individuo. Debido a los riesgos que conlleva este transporte, como deshidratación o el ataque de insectos, las paredes externas de los granos son extremadamente duras. La sustancia que constituye estas paredes, llamada esporopolenina, es una de las más resistentes de la naturaleza. Esta característica hace que el polen también soporte el paso del tiempo y la acción de los eventos geológicos, manteniendo casi intactas sus estructuras.

Por otra parte, la estructura interna del grano de polen, del mismo modo que una huella dactilar, es constante y característica para la mayoría de los distintos grupos vegetales y, en el caso de las Compuestas, permite asociarlo a una tribu o subfamilia específica. Fue así que el análisis microscópico de la estructura interna del polen fósil permitió asociarlo a *Mutisiapolis telleriae*, un grano fósil de tipo espinoso. Polen de esta especie había sido hallado previamente en el este de la Patagonia, en estratos más recientes. Sus características representan un mosaico de los caracteres que se encuentran actualmente en el polen de los grupos basales del árbol filogenético de la familia. Estos grupos se correspondían con algunas *Mutisiaceae* y con géneros de la tribu de los cardos pero que anteriormente habían sido considerados parte de *Mutisiaceae*. Fue así que el polen permitió ligar al macrofósil con un grupo actual de Compuestas, el cual, de acuerdo a las hipótesis filogenéticas se correspondía con ramas basales del árbol

evolutivo de la familia que estarían más cercanas al antecesor. La evidencia fósil corroboraba así las hipótesis filogenéticas que habían sido obtenidas con datos moleculares.

Las preguntas: ¿Dónde se originaron las Compuestas? y ¿Cuándo fueron sus orígenes? que desvelaban a los científicos desde hacía años, podían comenzar a contestarse con evidencia contundente.

A la conquista del mundo

¿Cómo llegaron las Compuestas a ocupar casi todas las áreas del mundo desde su posible origen sudamericano? ¿Fue el sur de América del Sur el lugar de origen de la familia, o sólo una parte de un área original mayor?

Para comenzar a reconstruir la posible historia de las Compuestas, es necesario también analizar dónde se hallan las familias más relacionadas. Es oportuno volver a la figura 2: la familia más cercana, o hermana, a las Compuestas es *Calyceraceae* (con 4 géneros, 60 especies) y es endémica de América del Sur. Se compone de hierbas con estructuras parecidas a los capítulos, pero de características distintas a los de las Compuestas. La otra familia relacionada a estas dos es *Goodeniaceae* (con 11 géneros, 440 especies), formada por hierbas o arbustos de vistosas flores, casi enteramente distribuidas en el hemisferio sur y concentradas en Australia. Se postula que en el Cretácico (144-65 Ma) un ancestro común de las tres familias ocupaba Australia, la Antártida y América del Sur, que eran parte del supercontinente Gondwana. Debido al fenómeno de la tectónica de placas, lentamente comenzó la separación del Gondwana en los continentes que hoy conocemos. Para principios del Eoceno (58 Ma) algunas de sus partes ya se había separado pero Australia, la Antártida y América del Sur aún permanecían unidas. El clima que reinaba en la Antártida y áreas circundantes en ese entonces era mucho más cálido y húmedo de lo que es hoy día, y estaba libre de hielo y nieve. De esta manera constituía un corredor que unía Australia con América del Sur. En Patagonia existía en ese entonces una diversa vegetación

subtropical. En el Mioceno (23-9 Ma) comenzaron a separarse estas tres unidades y es posible que en esa deriva de continentes, la familia *Goodeniaceae* quedara restringida a Australia, y el antecesor de *Calyceraceae* y *Asteraceae* en América del Sur y quizás también en la Antártida. La separación de los continentes, junto con otros factores geológicos y climáticos, provocó el enfriamiento de la Antártida y una mayor sequedad en el clima patagónico que afectó profundamente a la vegetación. En este escenario se expandieron las plantas mejor adaptadas a estos climas, entre ellas las Compuestas. Dada la presencia ya comentada de polen fósil del tipo de los cardos en el Eoceno de África y dado que estos grupos son los que siguen en secuencia a los grupos basales en el árbol filogenético de las Compuestas, es muy probable que las Compuestas hayan migrado desde América del Sur hacia África. Se sabe que la familia tuvo en África, al igual que en América del Sur, una gran explosión que en términos evolutivos se llama radiación adaptativa. ¿Cómo migraron las Compuestas hacia el continente africano cuando ya existía una amplia separación, formada por

el Océano Atlántico, entre África y América del Sur? es la pregunta que al momento los especialistas en Compuestas no han podido responder. Existen varias hipótesis al respecto; algunas de ellas se han aplicado también a organismos animales: (1) un transporte mediante aves o el viento a través de islas que en ese momento existían en el Océano Atlántico entre los dos continentes. Ya sea por aves o por viento, las Compuestas tienen adaptaciones en sus frutos a ambos factores de dispersión; o (2) un transporte de flotación en pequeños islotes desprendidos de las costas sudamericanas que eran llevados por las corrientes oceánicas hacia África.

En resumen, de acuerdo a este escenario evolutivo, las Compuestas pueden haberse originado en el sur de América del Sur (no se descarta que la Antártida haya podido también formar parte del área ancestral) entre fines del Cretácico y el Eoceno. Desde esta área migraron hacia el continente africano atravesando el Océano Atlántico. En ambos continentes hubo radiaciones que condujeron a la increíble diversidad y a la distribución cosmopolita que tienen las Compuestas hoy.◆

Lecturas sugeridas

Para profundizar la lectura acerca del hallazgo del macrofósil, puede leerse los trabajos:

V. D. Barreda, L. Palazzesi, M. C. Tellería, L. Katinas, J. V. Crisci, K. Bremer, M. G. Passalia, R. Corsolini, R. Rodríguez Brizuela y F. Bechis. "Eocene Patagonia fossils of the daisy family". *Science* 329: 1621, 2010.

V. D. Barreda, L. Palazzesi, L. Katinas, J. V. Crisci, M. C. Tellería, K. Bremer, M. G. Passalia, F. Bechis y R. Corsolini. "An extinct Eocene taxon of the daisy family (Asteraceae): evolutionary, ecological, and biogeographical implications". *Annals of Botany*. En prensa.

Para interiorizarse sobre la tribu *Mutisieae* puede consultarse:

L. Katinas, G. Sancho, M. C. Tellería y J. V. Crisci. "Mutisieae sensu stricto (Mutisioideae sensu stricto)". En V. A. Funk, A. Susanna, T. F. Stuessy y R. Bayer (eds.), *Systematics, Evolution and Biogeography of the Compositae*, Viena, IAPT, 2009, pp. 229-248.

Liliana Katinas y Jorge V. Crisci.
División Plantas Vasculares, Museo de
La Plata, profesores de la UNLP.





ECOLOGÍA

Un verde motivo en el paisaje de Tandilia

Susana Ricci

La transformación del paisaje pampeano expresa el pasado y el presente de la historia productiva regional. Aún hoy, los espacios serranos albergan parte de la diversidad de la vegetación original. Conocer y preservar este patrimonio natural es el motivo de este trabajo.

La pampa, voz quechua que significa llanura, sorprendió a los antiguos viajeros por su extensión cubierta de pastos. Comentan Brailovsky y Foguelman que su vista, en palabras de Humbolt, “llena el alma del sentimiento de lo infinito”, en tanto Darwin, al cruzar de sur a norte el Río Salado en 1825 relata: “de hierba gruesa pasamos a una alfombra verde de pasto fino... los habitantes afirman que es preciso atribuir esa mudanza a la presencia de cuadrúpedos”.

En 1826 un viajero inglés describe la pampa como “una ilimitada llanura vacía de paisaje”

Laura Malosetti Costa,
Pampa, ciudad y suburbios

En la actualidad el territorio pampeano bonaerense, interrumpido al sur por los sistemas serranos de Tandilia y Ventania, expresa en la fragmentación de su paisaje original, una historia de transformaciones vinculada principalmente al uso agrícola ganadero. En el área de Tandilia se destacan además, otras modalidades de uso relacionadas con la historia productiva regional, como la minería y actividades recreativas y turísticas basadas en el valor patrimonial del paisaje natural. El turismo viene evolucionando en forma promisorias en el área, por lo cual es fundamental considerar qué tipo de actividades se plantearán y cómo se ordenarán en el territorio en función de la preservación del paisaje. Ello involucra entre otros aspectos el conocimiento y la evaluación de sus recursos naturales, su potencialidad, los límites de transformación y el rol de la diversidad biológica.

En este contexto la visión de paisaje por su carácter sistémico, dialéctico y sintético resulta apropiada en función de la comprensión y formulación de estrategias de manejo en el espacio territorial. Las diversas connotaciones sobre el paisaje nos brindan la posibilidad de acercarnos, en su concepción escénica, desde la percepción visual a sus aspectos estéti-



cos. Por otra parte, el conjunto de los rasgos y componentes del paisaje, son la expresión espacio-temporal de relaciones, patrones y procesos sobre el territorio.

Las configuraciones espaciales resultantes de los diferentes usos del ambiente se manifiestan como paisajes de la producción y sintetizan en su dimensión cultural las “obras combinadas del hombre y la naturaleza” (de acuerdo con lo definido en la Convención de Patrimonio Mundial, 1992). Estas configuraciones hacen posible comprender cómo el hombre concibe, percibe, utiliza y proyecta el uso del espacio.

Resulta entonces de gran importancia la conservación del patrimonio natural y del pastizal pampeano en particular, tanto por su valor productivo como científico, estético y ético. Sin embargo, en la Argentina, el pastizal pampeano posee una baja cobertura de protección a pesar de que su diversidad ha sido considerada “en peligro”. No es una

1 - Pastizales y cultivos en las serranías de Barker (Benito Juárez). Foto: Susana Ricci

excepción: los pastizales templados representan a nivel mundial uno de los ecosistemas terrestres más productivos y diversos y más escasamente protegidos.

Volver la mirada sobre el horizonte pampeano carga el paisaje de significados fuertemente identitarios que bien pueden ser motivo para la investigación, la educación y el desarrollo de actividades vinculadas a la conservación del patrimonio.

Las comunidades vegetales

Sin duda la vegetación, como destaca Silvia Matteucci, desempeña un papel fundamental como integradora y resultante de los factores físicos, bióticos y sociales que operan en el ambiente. En el estudio de las comunidades vegetales, las plantas son indicadores de determinadas condiciones

ecológicas y desde el punto de vista de la flora, como señala Braun Blanquet, la comunidad tiene un contenido geográfico e histórico y posibilita a partir de los diferentes taxones (géneros, especies, subespecies) que la integran, indagar relaciones acerca de la distribución de los organismos.

En estudios realizados en las Sierras de Tandil en 1975, Jorge Frangi describe las comunidades vegetales naturales sobre diferentes sustratos: suelos, roquedales y cursos de agua. Así, es posible diferenciar en el perfil serrano, el pastizal de “flechillas” con especies típicas de los géneros *Stipa* y *Piptochaetium*, el matorral de *Baccharis tandilensis*, los pajonales con “paja colorada” (*Paspalum quadrifarium*), comunidades con helechos, otras dominadas por líquenes y totorales y juncales vinculadas a cursos de agua.



2 - Comunidad de roquedal con helecho “calahuala” (*humohra adiantiformis*). Reserva Natural Sierra del Tigre (Tandil). Foto: Susana Ricci

Recientemente, a partir del proyecto que desarrollamos en la UNICEN, en el recorrido siguiendo el eje serrano, se realizaron censos florísticos y se determinaron aproximadamente 260 especies de plantas vasculares de las cuales el 77 % son especies nativas. Entre éstas se destacan las gramíneas que dominan los “flechillares” de los faldeos serranos y fructifican en primavera como *Stipa neesiana*, *S. papposa*, *Piptochaetium medium*, *P. hachelii*, *Briza brizoides* y hacia el verano especies como *Bohriochloa laguroides*. Asociados a roquedales es común encontrar helechos como *Anemia tomentosa* y *Blechnum australe* spp. *auriculatum* originarios de regiones cálidas y *Rumohra adiantiformis*. No faltan los colores aportados por las flores rosadas de *Eupatorium tanacetifolium*, *Habranthus gracilifolius* y *Oxalis articulata*, amarillas como las de los cactus *Wigginsia tephraantha* y *Notocactus submammulosus*, las naranjas de *Cypella herbertii* y violáceas como las de *Sisyrinchium platense*. Muchas de ellas, mencionadas por Frangi, representan las comunidades naturales originales, en la actualidad modificadas por la actividad humana en el área (en particular, uso agrícola-ganadero y minero). Dichos cambios se evidencian en la composición y cobertura de especies (nativas y exóticas); es común la presencia de especies de origen exótico como los “cardos” en campos de pastoreo y de arbustos como la “retama” y “retamilla” en sitios afectados por la minería. Las comunidades serranas identificadas se analizaron en función de su disposición espacial y la relación con aspectos topográficos, hidrológicos y de uso, vinculados a la conservación y ordenamiento del territorio.

Del paisaje al detalle: pastos, helechos y flores

En la búsqueda de información, parte de la tarea de los biólogos que trabajan en vegetación consiste en caminar por el campo, subir y bajar sierras, observar el paisaje aproximarse a las plantas, tomar nota, coleccionar...

Así, a las preguntas ¿dónde viven? ¿con quién se relacionan? ¿por qué cambian...?, las imágenes de la realidad nos devuelven algunas respuestas y una muestra de las



***Melica eremophila* Torres**

Gramíneas.

Plantas perennes, de 20 a 40 cm de altura, hojas con láminas lineares, ásperas, rígidas. Inflorescencia en panoja, con espiguillas comprimidas, papiráceas, violáceas o pajizas en la madurez. Florece en primavera.

Se encuentra en Uruguay y Argentina. Frecuente en las sierras de la provincia de Buenos Aires. Comunidad vegetal de los suelos serranos: Pastizal de Flechillas.

ESPECIES NATIVAS DE LA FLORA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. SIERRAS DE TANDILIA

Ilustraciones y textos:

Cabrera, A. L. *Flora de la Provincia de Buenos Aires*. Colección Científica del INTA. 1970.

Frangi, J. *Sinopsis de las comunidades vegetales y el medio de las Sierras de Tandil*. (Provincia de Buenos Aires). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. 16(4). 1975.

Zuloaga, F., Morrone, O. y Belgrano, M. *Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur*. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 107. Missouri Botanical Garden. Saint Louis. 2008.

Idea y realización: Susana Ricci. Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (FCH, UNICEN). Programa Institucional Ordenamiento Ambiental y Patrimonio Natural y Cultural.

Revisión: Mónica Ponce. Instituto de Botánica Darwinion (CONICET).

Diseño y acuarelas: Luz Aramburú.



relaciones entre las especies y de éstas con su hábitat.

Nuevamente, la idea de la comunidad, el mosaico de las comunidades en el paisaje, la pampa: las partes y el todo. Y si desde una visión panorámica nos detenemos en las formas, texturas y tonalidades, volvemos a percibir de manera plurisensorial y a apreciar en su calidad visual, el valor escénico del paisaje pampeano.

A la par de la necesidad de indagar, describir y comprender, aparece la necesidad de comunicar. En el proyecto mencionado, decidimos plasmar algunas ideas en un material de divulgación que recrea la diversidad y belleza de las plantas pampeanas y

3 · Tarjeta de divulgación.

el placer de leer y aprender de la naturaleza. Buscamos una manera de facilitar el tener la información “en la mano” y que pueda circular por diferentes espacios, principalmente aquellos dedicados a la educación, la conservación, el turismo y la recreación.

En forma de tarjetas se presentan algunas especies nativas de la flora de la Provincia de Buenos Aires halladas en las Sierras de Tandilia (véase figuras 3 y 4). En esta pequeña serie que separamos en pastos, helechos y flores, elegimos diez especies presentes en diferentes ambientes. Los dibujos ilustrados con una pincelada de color se acompañan de una breve reseña de cada especie que destaca

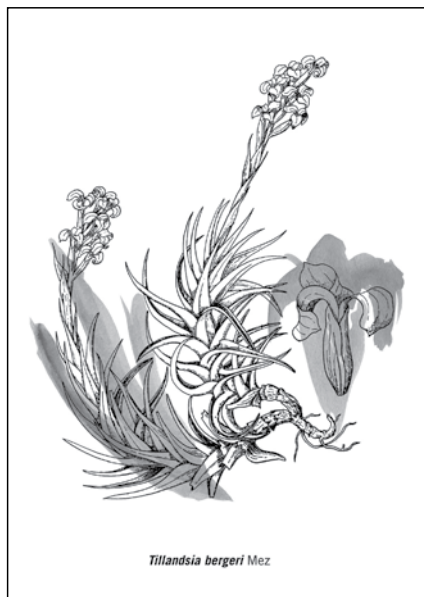
Las plantas de la región: un inventario ejemplar

Los naturalistas y los botánicos que se abocaron al estudio de la vegetación pampeana emprendieron una obra monumental: la *Flora de la Provincia de Buenos Aires* dirigida por el doctor Ángel Cabrera y llevada a cabo entre 1963 y 1970. Realizado con el fin de inventariar y describir las especies de plantas vasculares que crecen espontáneamente en la región, este proyecto convocó a investigadores de la División Plantas Vasculares de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la UNLP y a especialistas de diferentes instituciones. Aún hoy la Flora, basada en las colecciones botánicas de los principales institutos del país, es un material de referencia fundamental para quienes realizan estudios en la región. Las minuciosas descripciones botánicas acompañadas de excelentes ilustraciones, y observaciones acerca de la distribución y el lugar que habitan, son de apreciado valor para el análisis e interpretación de las comunidades de plantas.



Aerolíneas
Argentinas

Aerolíneas Argentinas Tel. Fax. 54 0221 422 1003-0994 425 8474 /9186 Av. 51 N 690 e 8 y 9
Horarios de atención: Lunes a viernes 9 a 19 hs. Sábados 9.30 a 12.30 hs. www.aerolineas.com.ar



***Tillandsia bergeri* Mez**

Hierbas perennes, epifíticas, de cerca de 30 cm de longitud, tallos densamente cubiertos de hojas arrosetadas. Flores terminales, con pétalos espatulados color azul claro.

Endémica de las sierras de Tandil, Balcarce y Mar del Plata. Se encuentra sobre roquedales altos de tipo granitoide. Comunidad vegetal de los afloramientos rocosos.

ESPECIES NATIVAS DE LA FLORA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. SIERRAS DE TANDILIA

Ilustraciones y textos:

Cabrera, A. L. *Flora de la Provincia de Buenos Aires*. Colección Científica del INTA. 1968.

Frangi, J. *Sinopsis de las comunidades vegetales y el medio de las Sierras de Tandil*. (Provincia de Buenos Aires). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. 16(4). 1975.

Zuloaga, F., Morrone, O. y Belgrano, M. *Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur*. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 107. Missouri Botanical Garden. Saint Louis. 2008.

Idea y realización: Susana Ricci. Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (FCH, UNICEN). Programa Institucional Ordenamiento Ambiental y Patrimonio Natural y Cultural.

Revisión: Mónica Ponce. Instituto de Botánica Darwinion (CONICET).

Diseño y acuarelas: Luz Aramburú.



características útiles para su identificación, observaciones sobre la distribución y sitios donde es posible hallarlas en las sierras. Un material audiovisual muestra los ambientes serranos donde se encontraron los ejemplares que aparecen en las tarjetas.

4 - Tarjeta de divulgación.

En las “postales de las plantas” va nuestro homenaje y agradecimiento a quienes nos acompañaron de alguna manera en el campo, nos enseñaron a conocer a través de

Con la mirada en el horizonte, el proyecto de la UNICEN

En la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires se vienen realizando proyectos de investigación y de extensión en su ámbito de incumbencia regional. Entre ellos, integrantes del Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA), abordamos el conocimiento de los recursos naturales y culturales en el paisaje serrano de Tandilia y su valorización como patrimonio. Ello incluye la caracterización de los sitios a partir de los minerales de explotación, la vegetación y fragmentos de la historia de los antiguos picapedreros (minas abandonadas, sendas, viviendas, pircas y relatos de los pobladores). El área estudiada se extendió desde sierras Bayas (Olavarría), sector Boca de Sierra (Azul), sierras de Tandil-Vela hasta las sierras de Barker (Benito Juárez).

El proyecto apunta a desarrollar

acciones y productos específicos, orientados a la gestión y el uso del espacio, con énfasis en aspectos vinculados a la conservación, educación, el turismo y la recreación con una perspectiva ambiental. En tal sentido la generación de estrategias y productos (entre otros, materiales de divulgación, recorridos temáticos, capacitación), aspira a favorecer el nexo entre los usuarios y localidades vinculadas a través del uso de los recursos naturales del área serrana, como gestores y beneficiarios directos de la conservación del paisaje regional.

En el trabajo se abordan distintas escalas, utilizando el marco de la ecología de paisaje, el nivel de comunidad para el estudio de la vegetación y herramientas de las ciencias sociales para el análisis e interpretación de cambios y significados del patrimonio regional.



90 años en el mercado nos permite seguir brindando una amplia gama de coberturas y nuevos servicios a nuestros asegurados:

- Incendio
- Integral de consorcio
- Combinado Familiar
- Integral de comercio
- Automotores
- Granizo
- Responsabilidad Civil
- Robo y Riesgos Similares
- Caucción
- Seguro Técnico
- Transportes y Cascos
- Cristales
- Aeronavegación
- Pérdida de Beneficiarios
- Riesgos Varios
- Seguros de las Personas
- A.R.T.



**FEDERACION PATRONAL
SEGUROS S. A.**

Un respaldo más que seguro

El paisaje protegido

Durante 2010, el municipio de Tandil, junto al Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible, con aportes de la UNICEN y la participación de organizaciones de la comunidad, elaboró el Plan de Manejo Ambiental, para responder a lo expresado en la “Ley de Paisaje Protegido de Interés Provincial”, de conservar y preservar la integridad del paisaje geográfico, geomorfológico, turístico y urbanístico de un área de Tandil denominada la “poligonal” (Ley 14.126). Dado que casi el 53% del área, considerada rural, está afectada a actividades agrícola-ganaderas, turismo y minería, las acciones planteadas tienden a ordenar las actividades humanas en el territorio y contribuir al diseño y puesta en marcha de una estrategia de conservación del paisaje en el marco de la sustentabilidad.

Para acceder al texto del plan de manejo ambiental y de la ley de paisaje protegido, véase: <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/opds-11-17.html>

<http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-14126.html>

la lupa y de sus descripciones botánicas y a las manos que con paciencia y arte dibujaron los ejemplares de los herbarios.

Cada día del paisaje...

La multiplicidad de intereses y usuarios en torno a los recursos del paisaje y el paisaje como recurso motiva la reflexión acerca de las pautas de relación y la responsabilidad social sobre los recursos paisajísticos como bien común. En este contexto es donde diferentes saberes son claves para la planificación, ordenamiento y gestión de actividades en el territorio. En “el ambiente”, las ciencias naturales, sociales y agronómicas podrán contribuir con sus conocimientos a la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas y su relación con las actividades productivas en la región. Así, en el paisaje nuestro de cada día, seguiremos relatando la historia pampeana...

Susana Ricci. Doctora en Ciencias Naturales por la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Facultad de Ciencias Humanas, Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN). E-mail: surilp@yahoo.com.ar





BOTANICA

Plantas

“para comer y curar”

María Lelia Pochettino *et al.*

En los últimos años, amplios sectores de la población han modificado sus criterios de selección de alimentos: además del valor nutricional, la elección se basa en promesas como el retraso del envejecimiento, el aporte energético o la prevención de enfermedades. El uso de los alimentos con fines terapéuticos no es reciente y forma parte de diversos sistemas médicos tradicionales; aquí veremos cómo esos saberes se incorporan a la vida cotidiana en un mercado boliviano de la ciudad de Buenos Aires.

Todos los pueblos han desarrollado sus sistemas de salud característicos, vinculados con su propia experiencia en su entorno. Sin embargo, muchos autores consideran que la gran diversidad de doctrinas médicas conocidas, resultado de tradiciones locales desarrolladas a lo largo de los siglos, se centran en torno a dos concepciones opuestas sobre la enfermedad: para una de éstas, la enfermedad es una circunstancia viciosa que es necesario reducir o contener; para la otra, es un aspecto integral de la vida que resulta de condiciones desfavorables, que deben ser compensadas para tender hacia la curación. La primera de estas posturas caracteriza la medicina oficial en Occidente (denominada *biomedicina*). La segunda, identifica distintos sistemas médicos tradicionales. Sin embargo, la biomedicina incorpora cada vez más las ideas ligadas a esos sistemas.

En consonancia con la segunda perspectiva, la Organización Mundial de la Salud propuso en 1948 un concepto amplio de *salud*, como estado completo de bienestar físico, mental y social, y no sólo la ausencia de enfermedad. En este marco, ha prosperado en los últimos tiempos la búsqueda de alimentos con valor terapéutico, denominados “alimentos funcionales” y “nutracéuticos”.

Los *alimentos funcionales*, además de su valor convencional como fuente de nutrientes, proveen beneficios para ciertas funciones del organismo, importantes para mantener la salud o reducir el riesgo de enfermedad. Aunque no se conozcan sus componentes activos ni sus propiedades específicas, se los consume porque “hacen bien para la salud”. Los *nutracéuticos*, en cambio, son alimentos funcionales que ayudan a la prevención de una enfermedad o a su tratamiento, por lo cual, sus efectos específicos son reconocidos. Cabe



destacar que lo que para un consumidor es un alimento funcional, para otro puede actuar como nutracéutico.

Las plantas que nos rodean: etnobotánica y salud

En el Laboratorio de Etnobotánica y Botánica Aplicada (LEBA) de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP), se desarrolla una línea de investigación en Etnobotánica urbana que, entre otros temas, incluye el estudio de los alimentos funcionales y nutracéuticos vegetales que se incorporan al acervo de las aglomeraciones urbanas a través de mercados tradicionales (en este caso, en la comunidad de inmigrantes bolivianos), y que, en mayor o menor plazo, ingresan al repertorio de productos seleccionados por la mayoría de la población.

La Etnobotánica es la disciplina que estudia las relaciones entre los seres humanos y

1 · Alimentos andinos típicos (porotos, ajíes, papas, ocas) que se comercializan en el mercado boliviano de Liniers. Foto: D. H. Bazzano

su entorno vegetal. Uno de sus temas centrales es el *conocimiento botánico* (CB), conjunto de saberes y creencias sobre los vínculos entre las personas y los elementos vegetales de su entorno: plantas, partes de las mismas y sus productos derivados. La gran mayoría de los estudios sobre el CB se orientaron hacia las sociedades tradicionales. Si bien este término no está exento de discusión, se considera que el CB *tradicional* (CBT) es más claramente reconocible en contextos no urbanos culturalmente homogéneos, con una larga experiencia del grupo humano en su ambiente; se transmite de generación en generación, por vía oral y en las prácticas compartidas; el vínculo entre producción y consumo es directo: quienes consumen, producen. Además, es *adaptativo*, porque

permite los ajustes del grupo a los cambios del medio; por ende, no es estático ni conservativo, sino dinámico e innovador.

En cambio, el CB de los pobladores de las áreas urbanas se ha considerado *no tradicional*, porque por lo común corresponde a contextos pluriculturales, con grupos humanos sin una larga experiencia en el ambiente; se transmite a través de los medios de comunicación; y el vínculo entre producción y consumo es indirecto: quienes consumen, no producen. La mayoría de la población urbana sabe poco sobre las propiedades de los elementos vegetales; menos aún sobre sus componentes o su origen, modos de obtención y procesamiento. No obstante, es también *adaptativo*, porque orienta la elección de los productos a consumir.

De acuerdo con lo anterior, surgieron, no hace mucho, distintas investigaciones

sobre Etnobotánica urbana, basadas en estudios sobre el CB de ciertos segmentos de la población urbana, en particular, grupos de inmigrantes que conservan un CB ligado a sus tradiciones de origen, las que reeditan en su nuevo contexto. En consecuencia, el CB urbano (CBU), es complejo y no se restringe sólo a sus componentes no tradicionales. En esta línea se hallan diversas contribuciones en distintas partes del mundo y de la Argentina, entre las que se cuentan numerosas publicaciones producidas por el equipo de investigación al que pertenecen los autores.

La colectividad boliviana en el barrio de Liniers

En el barrio de Liniers, en el oeste de la ciudad de Buenos Aires, se encuentra un mercado de inmigrantes bolivianos que expenden productos tradicionales. Este barrio es una suerte de puerto en la ciudad, ya que, en términos del transporte público, urbano e interurbano, constituye uno de los centros más importantes, con terminales de ómnibus de media y larga distancia, y una estación del Ferrocarril Sarmiento, que une Buenos Aires con las provincias del oeste del país. En torno a esta estación y a la Avenida Rivadavia se desarrolla un importante centro comercial y es además una zona relevante en función de la difusión de productos vegetales. Allí se ubica el *mercado boliviano*.

Hay locales y puestos callejeros sobre la calle José León Suárez, a cien metros de la estación del ferrocarril, ubicada en la intersección de aquella y la Avenida Rivadavia. En los locales y los puestos ubicados sobre la vereda, se comercializan vegetales alimenticios y medicinales y diversos productos obtenidos a partir de ellos; también, hay bares y restaurantes de comidas típicas. El mercado es visitado por los miembros de la propia colectividad boliviana, que demanda productos específicos para conservar sus propias recetas (alimentarias y terapéuticas); también es visitado por inmigrantes peruanos, por similares razones. Otros asiduos compradores son los vecinos del barrio no pertenecientes a tales



2 - Puesto callejero en la calle José León Suárez, donde se expenden vegetales que provienen de cultivos propios emplazados en zonas aledañas a la Capital Federal. Foto: D. H. Bazzano

grupos de inmigrantes que lo consideran un lugar barato y con una oferta diversa para la selección y adquisición de productos; y, finalmente, personas de otros barrios de la ciudad y de distintos sectores sociales, que han comenzado a utilizar este mercado como lugar de abastecimiento de alimentos funcionales y nutraceuticos.

Hasta el momento, se relevaron 160 es-

pecies vegetales que se comercializan en este mercado boliviano con fines alimentarios (hortalizas, verduras, legumbres, frutas frescas y secas, condimentos, saborizantes de bebidas). De ese total, se expenden productos vegetales considerados alimentos funcionales o nutraceuticos, exclusivos o frecuentes dentro del mercado (véase cuadro).

El yacón, del que se consumen sus raíces

Nombre vulgar, científico y familia	Partes empleadas y usos registrados
Ají picante, campanita, escabeche: <i>Capsicum annuum</i> L. cultivares (Solanaceae)	Frutos frescos y secos: comestible, condimento; vigorizante, analgésico, estimulante del sistema digestivo.
Ajipa: <i>Pachyrhizus ahipa</i> (Wedd.) Parodi (Leguminosae)	Raíces frescas: comestible; diurético, expectorante, antitusivo.
Caiwa/Achojcha: <i>Cyclanthera pedata</i> (L.) Schrader (Cucurbitaceae)	Frutos frescos: comestible, antidiabético, analgésico, hipotensor.
Cayote/Alcayote: <i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché (Cucurbitaceae)	Frutos frescos: comestible, antidiabético
Huacatay: <i>Tagetes minuta</i> L. (Asteraceae)	Partes aéreas frescas: condimento, diurético, digestivo.
Locoto/Rocoto: <i>Capsicum pubescens</i> Ruiz & Pav. (Solanaceae)	Frutos frescos y en polvo: condimento; analgésico, estimulante del sistema digestivo.
Maca: <i>Lepidium meyenii</i> Walp. (Brassicaceae)	Raíces en harina o polvo: comestible, tónico nervioso, para estimular la memoria, la fertilidad y la sexualidad, antioxidante.
Maíz kulli, chuspillo, huillcaparu, mote: <i>Zea mays</i> L. cultivares (Poaceae)	Granos enteros, secos y cocidos: comestibles, hipotensor, antiinflamatorio, diurético, hepático, antinefrítico, antioxidante.
Maní boliviano: <i>Arachis hypogaea</i> L. cultivar (Leguminosae)	Semillas secas: comestible; laxante, emoliente, pectoral.
Oca: <i>Oxalis tuberosa</i> Molina (Oxalidaceae)	Tubérculos frescos comestibles, antioxidante.
Papa lisa/Ulluco: <i>Ullucus tuberosus</i> Caldas (Basellaceae)	Tubérculos frescos comestibles, antioxidante.
Quirquiña: <i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass. (Asteraceae)	Partes aéreas frescas: condimento; antiespasmódico.
Sacha inchi: <i>Plukenetia volubilis</i> L. (Euphorbiaceae)	Semillas, en pomada, líquido y en polvo: comestible; energizante, depurativo, hipocolesterolémico, antioxidante.
Tauri/Tarwi: <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet (Leguminosae)	Semillas secas: comestible, diurético, emoliente, vermífugo.
Yacón: <i>Smallanthus sonchifolius</i> (Poepp. & Endl.) H. Rob. (Asteraceae)	Raíces frescas y en dulce, antidiabético.

Una respuesta segura, desde el primer momento.

*Cuando un cliente nos necesita
estamos preparados para responderle.
Porque en el Grupo Asegurador Rivadavia
le brindamos siempre soluciones
a medida: atención profesional
y personalizada, productos
competitivos, servicios diferenciales
y presencia en todo el país.*



**GRUPO
ASEGURADOR
RIVADAVIA**



Siempre más servicios. Siempre a su servicio.

CASA CENTRAL Avenida 7 N° 755 - B1900TFV - LA PLATA
Telefax: (0221) 513-3200/427-0550 - Fax: (0221) 425-4567
E-mail: info@segurosriবাদavia.com - Web site: www.segurosriবাদavia.com

frescas y en forma de dulce, tanto puede ser considerado un alimento funcional como un nutracéutico por su propiedad de hipoglucemiante o antidiabético. Un caso similar es el de la caiwa, cuyo fruto fresco comestible se considera antidiabético, a la vez de analgésico e hipotensor.

Lo mismo ocurre con las leguminosas (*Fabaceae*): el maní boliviano y el tarwi, se consumen sus semillas secas, enteras o partidas, en diferentes preparaciones, por lo general en guisos o potajes. El maní boliviano es laxante, emoliente y pectoral; el tarwi es diurético, emoliente y vermífugo. En el caso de la ajipa –otra leguminosa– la parte del vegetal que se consume son las raíces frescas y presenta propiedades diuréticas, expectorantes y antitusivas.

La oca y el ulluco o papa lisa, ambos tubérculos microtérminos que en la última década han sido incorporados a la cocina criolla revalorizando sus propiedades alimenticias, es un alimento funcional por considerárselo comida “sana”, en especial antioxidante.

De reciente ingreso al circuito comercial de las dietéticas y con la perspectiva de rápida expansión en el circuito comercial general, se expenden los nutracéuticos sachas inchi y maca. El primero, del que se consumen las semillas, se presenta en forma de *snack*, líquido, pomada y en polvo, apreciado por sus propiedades energizante, depurativa, hipocolesterolémica, antioxidante, para dolores de huesos e inflamaciones. De la maca –procedente de Perú– se consumen las raíces en harina o polvo y sus propiedades son: energizante, tónico del sistema nervioso, estimulante de la memoria, aumento de la fertilidad y la sexualidad, “antiedad” (antioxidante).

Plantas tradicionales en contextos urbanos

El empleo de alimentos con fines terapéuticos no es reciente, forma parte del conocimiento humano desde la antigüedad, y está presente en diversas culturas, por lo cual ha sido objeto de estudio para profesionales de distintas disciplinas, incluida la Etnobotánica. En las últimas décadas, esta



4 - Suplementos dietéticos elaborados a partir de productos vegetales. Foto: D. H. Bazzano

concepción sobre las “plantas para comer y curar” se ha globalizado, y en ámbitos urbanos se observa un renovado interés sobre el potencial curativo de muchos alimentos, y de los productos denominados *suplementos dietéticos*, adicionados con diferentes sustancias en beneficio de la salud.

Entre los grupos de inmigrantes de las áreas urbanas, la idea integradora de “plantas para comer y curar” (que incluye a los alimentos funcionales y nutracéuticos) está ligada a sus propias tradiciones de origen y a la concepción característica de su sistema de salud. Generalmente, sus elementos vegetales resultan *invisibles* para la mayoría de la población urbana (entre otras: caiwa, yacón, tarwi, ajipa). No obstante, algunos vegetales funcionales y nutracéuticos frecuentes dentro del grupo de inmigrantes, pasan a venderse en los comercios llamados *dietéticas* (que se vinculan al componente no tradicional del conocimiento botánico urbano) y, según su nivel de difusión, mediatizado por diferentes vías de comunicación, ingresan al circuito comercial general y se tornan *visibles* (por ejemplo: sachas inchi, maca). Parte del *CB* ligado a las tradiciones de los inmigrantes se instala, a través de sus productos y sus usos, en el ámbito general de la población urbana, y se vuelve *visible*, lo que evidencia la dinámica compleja del *CBU*, así como su heterogeneidad, dado que comprende elementos tradicionales y no tradicionales.

Ascensores



- La empresa de más experiencia del mercado
Cumplimos **62 años** en el rubro
- Servicio técnico las 24 horas
- Proyectos complejos
Tecnología de última generación
- Más de 800 montajes de ascensores y
montacargas realizados en la ciudad
- Seguridad - Normas Mercosur

Ascensores Excelsior S.A. Calle 15 N° 1151 City Bell
Tel: (0221) 480-0160 / 480-0033 www.excelsiorsa.com.ar



De este modo, los mercados tradicionales, como el de Liniers, constituyen importantes fuentes de alimentos funcionales y nutraceuticos, razón por la cual pueden satisfacer la demanda de los usuarios habituales (los miembros de la propia comunidad), y, asimismo, responder a las exigencias del contexto pluricultural en el que están inmersos.

Estos estudios aportan, además, a los estudios etnobotánicos de mercados tradicionales en la Argentina (campo poco explorado en lo referido a este tipo de mercados emplazados en zonas urbanas), porque constituyen verdaderos *bancos de germoplasma* (reservorios de material genético bajo distintas formas, tales como semillas, frutos, tubérculos o raíces, entre otros) que contribuyen a preservar la diversidad vegetal, a través de los usos de las distintas especies.◆

5 - Puesto característico del mercado boliviano de Liniers, ampliamente visitado, donde se venden diversos productos de origen vegetal.
Foto: D. H. Bazzano

Los autores de este trabajo son María Lelia Pochettino, Patricia M. Arenas y Julio A. Hurrell. Laboratorio de Etnobotánica y Botánica Aplicada (LEBA), Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. CONICET.



MUSEO

Prácticas funerarias del antiguo Egipto

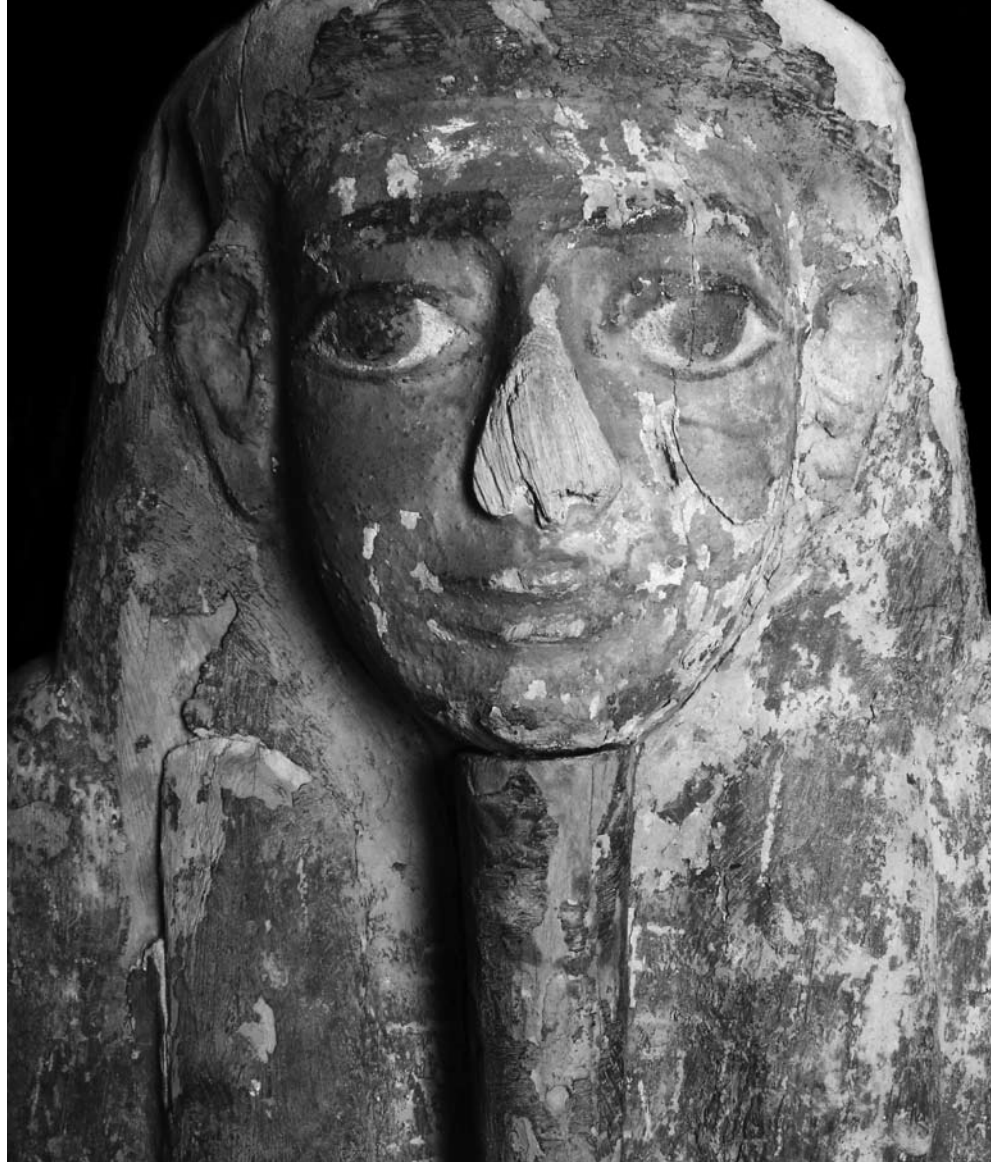
Diego M. Santos,
María B. Daizo *et al.*

Tres momias egipcias del Museo de La Plata han sido estudiadas a través de un barrido tomográfico. Los estudios realizados permitieron conocer más acerca de las técnicas de momificación del antiguo Egipto, acerca de la época y estrato social al que pertenecían esas personas y qué enfermedades padecieron.

La fluctuación entre lo americano y lo europeo en la construcción de la identidad nacional dio lugar a la conformación de otro que debía ser entendido. Durante la segunda mitad del siglo XIX, la cuestión comenzó a ser pensada por varios intelectuales desde una perspectiva particular: la vinculación étnica de los pueblos originarios americanos y las culturas antiguas de Europa, Asia y el norte de África. En varios artículos de la *Revista de Buenos Aires* publicados durante la década de 1860, Vicente Fidel López, uno de los primeros constructores de la historia nacional, intentó demostrar la relación entre algunas lenguas antiguas –entre ellas la lengua egipcia– y las lenguas quechuas, y su adscripción a las lenguas indoeuropeas. En 1871, con la ayuda y traducción del célebre egiptólogo Gaston Maspero, López publicó en París *Les races aryennes du Pérou*, una obra con una bibliografía sorprendente para su época en el Río de la Plata. En el mismo momento, Luis Jorge Fontana publicó, también en la *Revista de Buenos Aires*, el primer estudio local de una momia egipcia: “El arte de embalsamar y las momias egipcias y peruanas del Museo Público”.

Egipto, Dardo Rocha y el Perito Moreno

La vinculación étnica entre los pueblos originarios americanos y las culturas antiguas de Europa, Asia y el Norte de África fue, en su momento, una idea defendida por Francisco P. Moreno, el fundador del Museo de La Plata. Es bien conocida su hipótesis sobre las cuentas de vidrio egipcias en sitios americanos, pero en pocos lugares se revela de forma más clara que en su correspondencia con Dardo Rocha sobre la colección egipcia del museo. En ésta, ambos ven la necesidad de crear –a fin de realizar



estudios comparativos— una colección egipcia y otra púnica (a estos últimos se les atribuía haber llegado a América). La primera colección tuvo más suerte que la segunda y su núcleo formativo son las tres momias que comentamos en este artículo, además de una cantidad de piezas donadas por Dardo Rocha, procedentes de un grupo mayor que llegó a reunir para su colección personal.

Esta colección, que a través del estudio del pasado egipcio pretendía explicar los pueblos originarios locales, perdió su sentido original a medida que la hipótesis iba perdiendo sustento, pero sirvió como base para la conformación de una colección en crecimiento durante el siglo siguiente, hasta cobrar su dimensión actual. Se trata de uno de los repositorios egipcios más interesantes de la Argentina, que se relaciona con el desarrollo de la egiptología local, una disciplina muy

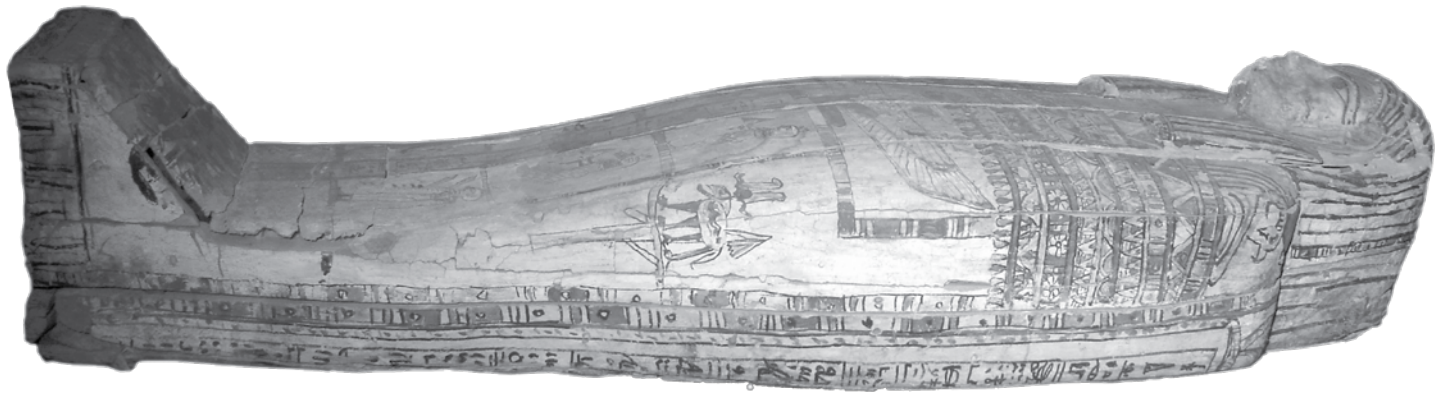
1 - Ataúd de Herwodj, momia masculina. Época Tardía

diferente a lo que entendieron los intelectuales argentinos del siglo XIX.

Cuándo y cómo vivieron

Las momias egipcias donadas al museo por Dardo Rocha son Tadimentet, una momia femenina, y Herwodj, una masculina, además de una tercera momia de la que nos ocuparemos más adelante. Las tres fueron investigadas a través de métodos de diagnóstico por imágenes para intentar conocer quiénes fueron y cómo vivían las personas que fueron momificadas, qué enfermedades padecieron, cuáles eran las prácticas de momificación de la Época Tardía, durante la cual vivieron y murieron.

La Época Tardía se inicia en 664 a.C., cuando el primer faraón de la dinastía



xxvi llega al trono. En relativamente poco tiempo sacude el dominio asirio y establece su poder en el sur, antes dominado por una dinastía de origen nubio que continuó su gobierno en el actual Sudán, donde sus representantes aún se encontraban asociados al clero de Amón en Tebas. En 525 a.C. los persas conquistan Egipto y Cambises termina con el reinado del último faraón de la dinastía xxvi; se establece la dinastía xxvii. Las últimas tres dinastías indígenas ocuparán el período que se extiende entre los años 404-343 a.C. En este último año, Egipto es conquistado por segunda vez por el imperio aqueménida hasta 332 a.C., cuando Alejandro es reconocido como faraón. Los sucesores del conquistador macedónico darán lugar a la dinastía ptolemaica, que gobernará Egipto hasta el año 30 a.C., cuando se convierte en provincia romana.

Los dos ataúdes en estudio pueden fecharse estilísticamente en el período que se extiende entre los últimos años del primer dominio persa y los últimos años de gobierno indígena, es decir, sus ocupantes vivieron bajo el dominio de los últimos faraones y, aunque no se haya registrado su procedencia, podemos suponer que proceden de una necrópolis cercana a la ciudad de Menfis, que era entonces la capital de Egipto. Se trata de una época de profundos cambios, acompañados de una reinterpretación del propio pasado iniciada durante el dominio nubio. Durante este período crece el número de extranjeros en Egipto, especialmente de los procedentes de las ciudades griegas, en particular en Menfis. El faraón ya no era una divinidad, sino un monarca elegido

2. Ataúd de Tadimentet, momia femenina. Época Tardía

por los dioses y de cuyos errores o aciertos dependía el éxito de su reinado.

Quienes ocupan los ataúdes en estudio (véase figuras 1 y 2) no pertenecían a la élite egipcia, cuyo ajuar funerario era mucho más cuidado y costoso. En este caso, eran enterrados directamente en la arena, con un pequeño grupo de objetos. Las inscripciones son muchas veces corruptas, es decir, se trata de inscripciones en las que el texto ha sido copiado sin demasiado cuidado –muchas veces porque no ha sido entendido o porque el que copia tiene escaso dominio de la lengua o la escritura en las que debe copiar–, de modo que el resultado es parcial o totalmente ilegible, como en uno de los laterales del ataúd de Tadimentet. Estas inscripciones son de carácter arcaizante y estereotipado, y habrían sido incomprensibles para sus ocupantes, quienes, si podían leer, habrían leído en demótico, un sistema de escritura que registraba una lengua egipcia posterior, con marcada diferencia de la de las inscripciones de los ataúdes. Estas tenían un propósito: al ser pintadas sobre el ataúd en una escritura y lengua consideradas sagradas, aseguraban la comida, bebida, vestimenta y la preservación del entierro, entre otras cosas, del difunto en su nuevo estado. También permitían la conservación del nombre, uno de los elementos constitutivos del hombre y necesario para su supervivencia. Estas personas no poseían título administrativo o religioso alguno, y probablemente se dedicaban a tareas agrícolas, que les permitían gozar de ciertas comodidades y acceder a un

entierro, al menos modesto como en este caso (podría tratarse de *machimoi*, una suerte de soldados en reserva a los que se les concedía una pequeña cantidad de tierra libre de impuestos).

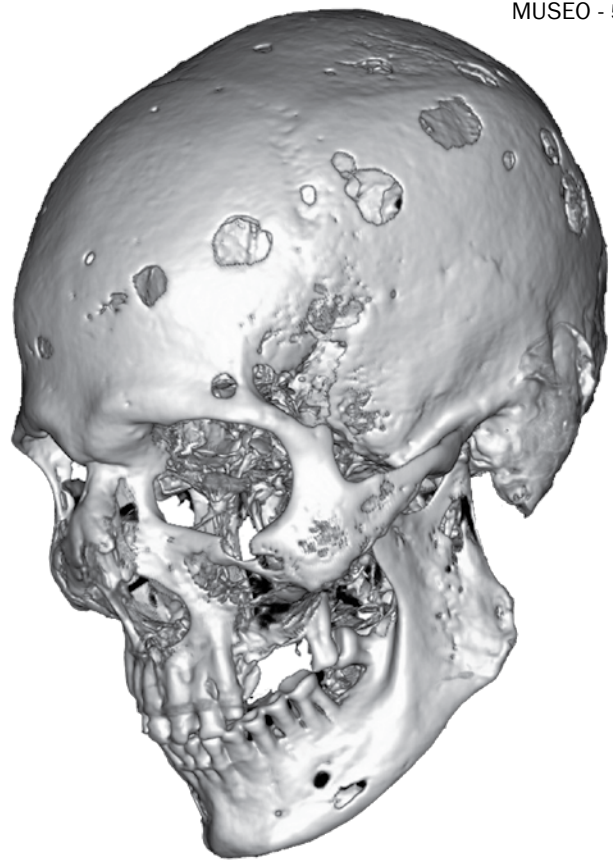
Cómo se hicieron los estudios por imágenes

En 1980, el doctor Eduardo González Toledo fue pionero en la utilización de la tomografía computada para el estudio de estas tres momias egipcias en la ciudad de La Plata. Utilizó un tomógrafo axial y realizó también exámenes radiológicos. Entonces fue necesario abrir los ataúdes y extraer la pequeña momia de su caja protectora.

Sin embargo, la tecnología actual tiene la enorme ventaja de permitir estudios no invasivos, es decir, los ataúdes cerrados y embalados entraron al tomógrafo sin necesidad de manipulación alguna de su contenido y todo el procedimiento fue rápido, de modo que no debieron permanecer fuera del museo demasiado tiempo.

Se estudiaron las dos momias (masculina y femenina) y la pequeña momia –mal llamada “paquete funerario”– que fueron trasladadas desde el Museo de La Plata hasta el Hospital Municipal de Trauma y Emergencias “Dr. Federico Abete” de la localidad de Malvinas Argentinas (Provincia de Buenos Aires). Se realizó un barrido tomográfico *multislice*, con tomógrafo de 64 pistas, de los ataúdes cerrados y de la momia pequeña. Además, se realizaron dosimetrías, mediciones, reconstrucciones multiplanares y tridimensionales de diversas áreas y estructuras internas.

Puesto que las momias se escanearon dentro de sus ataúdes y rodeadas del material de embalaje, se recurrió a una técnica de decapado para lograr visualizar el ataúd, la momia con sus vendajes, partes blandas y el esqueleto óseo. En los cortes axiales y multiplanares se evidencian claramente los vendajes que rodean a las mismas. En ambas momias se constataron múltiples desarticulaciones por deshidratación y compresión, como también



3 - Reconstrucción 3D del cráneo de la momia masculina con múltiples lesiones líticas.

trazos de fracturas. A ambas se les realizó una reconstrucción de los maxilares con técnica de *dental scan*. Este estudio reveló que Tadimentet tenía una dentadura impecable, tanto la parte ósea como las piezas dentarias estaban indemnes. En Herwodj, en cambio, se evidenciaron múltiples lesiones líticas (lesiones tipo saca bocado) en la calota y cuerpos vertebrales atribuidos a un mieloma múltiple (neoplasia de linfocitos B), su probable causa de muerte (véase figura 3).

Proceso de momificación

La momificación consiste en la preservación artificial del cuerpo después de la muerte. Para los antiguos egipcios el cuerpo representaba el sustento de otras partes que conformaban al hombre. De esta concepción deriva la necesidad de preservar el cuerpo de la corrupción y desintegración, lo que llevó al desarrollo de las prácticas que rodean este proceso. Es muy importante tener en cuenta que la momificación se llevaba a cabo en un

90

años

Liderando por
Servicio
el Mercado
Asegurador



51 N° 770 - La Plata



51 N° 789 - La Plata



51 N° 765 - La Plata

CASA MATRIZ:
Avda. 51 N° 770
(B1900AWP) La Plata
Telefax: (0221) 429-0200
Fax: (0221) 429-0229
www.fedpat.com.ar
seguros@fedpat.com.ar
Agencias, Oficinas y
Organizaciones
en todo el país.



FEDERACION PATRONAL
SEGUROS S.A.

Un Respaldo más que seguro

contexto mágico-ritual. El procedimiento de evisceración, los vendajes y otros aspectos que componen este proceso forman parte de un ritual sagrado.

Herodoto es la única fuente disponible para el período, y junto con la información aportada por los estudios realizados, nos permite caracterizar el proceso de momificación de las momias del Museo de La Plata, que corresponden a un estrato social acerca del cual hay escasa información. Herodoto, en el libro II de sus *Historias*, menciona tres formas diferentes de llevar a cabo la momificación, dos de las cuales corresponden aproximadamente a lo que parece haberse aplicado a las momias que conserva el museo.

Las numerosas fuentes que tratan el proceso de momificación no incluyen en ningún caso un “manual de instrucciones” elaborado por los antiguos egipcios. El *Papiro Mágico Rhind* (año 9 a.C.) y el *Ritual de Embalsamamiento* (fines del siglo I o principios del siglo II d.C.), nos aportan información sobre aspectos de índole ritual que permitirían la conservación del cuerpo y subrayan el carácter complejo de esta práctica. Complementariamente se conserva el *Ritual de Embalsamamiento del Toro Apis* (segunda mitad del siglo II a.C.) y las excavaciones del Cementerio de los Toros Buchis (Época Tardía a Época Romana); sin embargo, estas fuentes tratan sobre la momificación de una divinidad y son sólo parcialmente comparables con la momificación de un faraón.

La momificación de Herwodj

El proceso de momificación de Herwodj se corresponde con el primer método descrito por Herodoto aunque en una versión más simple de la mejor cuidada –y por lo tanto más costosa– (véase figura 4). La bóveda craneana de la momia está vacía y el hueso etmoides está fracturado, por la extracción del cerebro con la ayuda de un gancho o alambre curvo introducido por uno de los orificios de la nariz. Esta práctica representa el primer paso del proceso. Se rellenaron los ojos con rollos de lino a los que se les



4 · Esqueleto de Herwodj. Las partes blandas han sido retiradas por la computadora para generar esta imagen.

agregaron dos ojos artificiales para hacer más natural la apariencia de la momia. Estos métodos son parte de un proceso más complejo en el cual una buena parte era ocupada por diversas prácticas rituales, tales como recitado de oraciones, lavado del cuerpo, etc. La extracción de los órganos internos se realizó por medio de una incisión en la pared abdominal izquierda. El cadáver se recubría luego por setenta días con natrón, una sustancia utilizada como el principal agente de deshidratación. La momia presenta paquetes de lino en ambos hemitórax y abdomen, algunos de ellos recubiertos de resina. Probablemente contengan las vísceras extraídas anteriormente, ya que frecuentemente se volvían a ubicar dentro del cadáver o se colocaban en recipientes especiales denominados vasos canópicos en casos de momificación más cuidados. Herodoto menciona que las partes blandas del cuerpo eran disueltas por el natrón, quedando la momia sólo piel y huesos. El pene ha sido restaura-

do con un sustituto artificial de madera o lino, al igual que los ojos, probablemente confeccionados en cera. Finalmente, fue envuelto en vendas de lino: en primer lugar los miembros de forma separada, y luego el vendaje general en el que vuelven a vendarse los miembros junto con el torso. Entre las vendas se colocaban diversas capas de resina para adherir los vendajes; sobre todo lo anterior se completaba el envoltorio con un sudario.

Las imágenes nos han permitido observar en la momia masculina varias lesiones osteolíticas, atribuidas a un mieloma múltiple: un tipo de cáncer de la médula ósea que afecta a las células plasmáticas. Además de la fractura del hueso etmoides, también se visualizaron fracturas óseas a nivel de las celdillas etmoidales y huesos propios nasales. Estos hallazgos son coincidentes con la extracción del material encefálico por vía transesfenoidal.

La momificación de Tadimentet

Tadimentet, la momia femenina, fue momificada mediante el segundo método descrito por Herodoto, hecho que resulta de fundamental interés por tratarse de una técnica que aún hoy se encuentra en discusión y que podría representar un aporte significativo de nuestro estudio (véase figuras 5 y 7). El cerebro ha sido extraído igual que en el caso anterior, pero en este caso el cráneo fue rellenado con una sustancia resinosa. En las imágenes obtenidas se

reconocieron dos densidades de esta sustancia en posición oblicua. El proceso de extracción de las vísceras se realizaba introduciendo una sustancia por el ano que disolvía los órganos internos, sin necesidad de practicar una incisión e invertir tiempo en el proceso de extracción de los órganos. Luego el cuerpo era recubierto de natrón como en el método anterior. Una vez pasado el tiempo correspondiente, se extraía la sustancia introducida y con ella las vísceras disueltas salían arrastradas con gran fuerza. El esternón de Tadimentet está desarticulado, al igual que ambos hemipubis, probablemente por la fuerza ejercida para extraer los fluidos. En la zona abdominal y pelviana se observó un material de relleno de textura granular y se ha constatado la presencia de un tapón rectal, colocado luego de extraer la sustancia antes mencionada. El hemitórax izquierdo estaba ocupado por paquetes de lino (probablemente con componentes viscerales) con recubrimiento de una sustancia resinosa.

Aunque es muy frecuente la presencia de amuletos en momias con procesos de momificación más cuidados, no se han encontrado –como era esperable en estos casos– en ninguna de las momias. El proceso de momificación de Herwodj fue más cuidadoso que el de Tadimentet. Esto se corresponde con el relato de Herodoto sobre las diferentes calidades de los procedimientos mencionados. Aún estamos lejos de comprender el componente ritual que conllevan estas prácticas, pero estudios futuros sobre esta perspectiva nos ayudarán a obtener

MJ

JORGE
MARROQUINERIA

8 N° 687 e/ 45 y 46 || Tel.: (0221) 422-2666 || (B1900TGR) LA PLATA || ARGENTINA
MARROQUINERIAJORGE@GMAIL.COM

una aproximación sobre este proceso, en el caso particular de estas momias.

Una momia singular

El Museo conserva una tercera momia mal denominada “paquete funerario” que nada tiene que ver con las anteriores. Muestra una interesante particularidad que la destaca de las prácticas funerarias egipcias de Época Ptolemaica y la convierte en única en su tipo. Se trata de un cráneo envuelto en vendas de lino al que se le agregó un cuerpo “artificial” compuesto aparentemente del mismo material (véase figura 6). Si bien esta información ya se había dado a conocer con las tomografías de la década de 1980, los estudios realizados actualmente nos han permitido obtener nuevos datos e ir aún más allá en el estudio de esta pequeña momia. El cráneo no presenta signos de haber sido momificado, carece de maxilar inferior y presenta ausencia parcial del hueso occipital. Está recubierto con un material hipodenso que probablemente podría tratarse de yeso. Posteriormente ha sido envuelto en forma individual, finalizando con la construcción del cuerpo artificial compuesto por lino, yeso y restos vegetales. El cuerpo reconstruido fue luego recubierto con placas de *cartonnage*, sobre las cuales se efectuó un vendaje cruzado en forma de diamante.

Por sus características podríamos incluirla en un grupo denominado “momias defectuosas o compuestas” descrito por primera vez por el egiptólogo Alfred Lucas. Se caracterizan por haber sido momificadas cuando se encontraban en un avanzado estado de descomposición o habían sido objeto de vandalismo durante el saqueo de una necrópolis. *¿Por qué tomaron un cráneo que probablemente nunca había recibido tratamiento alguno y restauraron su cuerpo de una forma tan cuidadosa y costosa?* Seguramente ese cráneo representaba algo especial para quienes tomaron esos cuidados con respecto al destino del difunto al cual éste





7 · Reconstrucción 3D de la momia femenina.

perteneía. La explicación podría encontrarse en el recupero de un pariente perdido, por ejemplo en una batalla; la restauración de una tumba saqueada o incluso una muerte en circunstancias consideradas especiales: Herodoto y otros autores posteriores mencionan que aquellas personas devoradas por cocodrilos o ahogadas en el Nilo, cuyos cadáveres son recuperados, son considerados sagrados, momificados por los habitantes de la ciudad adonde apareció el cadáver y enterrados por los sacerdotes del dios Nilo, sin la posibilidad de intervención de familiares o amigos. Es probable que nunca conozcamos qué representaba este cráneo para quienes invirtieron en su preservación para no privarlo de la existencia.

Las tomografías multicortes permitieron el estudio no invasivo de las piezas examinadas, y permitieron identificar y caracterizar patologías vitales y lesiones *post mortem*. Además, la técnica de sustracción y transparencias de imágenes permitió el examen simultáneo de las momias y de los ataúdes de madera, de modo que pudieran determinarse las diferentes técnicas de momificación utilizadas en cada caso.

6 · Pequeña momia (Imagen modificada)

En la actualidad representa también una posibilidad para acercar a los visitantes del Museo a las prácticas funerarias y a las creencias de los egipcios durante la Época Tardía y el Período Ptolemaico. Con pleno respeto por los restos humanos, intentamos así contribuir a la voluntad de quienes hace más de dos mil años quisieron preservarlos. ♦

Lecturas sugeridas

Para profundizar sobre el proceso de momificación y prácticas funerarias del Antiguo Egipto pueden leerse los trabajos de S. Ikram y A. Dodson, *The mummy in Ancient Egypt. Equipping the dead for eternity* (Londres, Thames and Hudson, 1998); J. H. Taylor, *Death and afterlife in Ancient Egypt* (Chicago, The University of Chicago Press, 2001); W. Grajetzki, *Burial Customs in Ancient Egypt*, (Londres, Duckworth, 2007 [1ª. ed., 2003]). Sobre estudios interdisciplinarios en momias y aportes de la paleoradiología se recomiendan los trabajos de R. David, *Egyptian mummies and modern science* (Nueva York, Cambridge University Press, 2008); R. K. Chem y D. D. Brothwell, *Paleoradiology. Imaging mummies and fossils*. (Heidelberg, Springer, 2008); M. J. Raven y W. K Taconis, *Egyptian Mummies-Radiological atlas of the collections in the National Museum of Antiquities at Leiden* (Turnhout, Brepols, 2005).

Para la cronología de la Época Tardía, mucho más segura que en los períodos anteriores, véanse los capítulos correspondientes en E. Hornung y otros, *Ancient Egyptian Chronology* (Leiden, Brill, 2006). Para una introducción a la historia del mencionado período, puede consultarse I. Shaw (ed.), *Oxford History of Ancient Egypt* (Oxford, Oxford University Press, 2003), en particular los capítulos de A. Lloyd, "The Late Period", pp. 364-387 y "The Ptolemaic Period", pp. 388-413. También puede resultar interesante para una primera lectura los capítulos correspondientes en B. Trigger y otros, *Ancient Egypt: a Social History* (Cambridge, Cambridge University Press 2001 [1ª. ed., 1983]) J. Assman, *The Mind of Egypt: History and Meaning in the Time of Pharaohs* (Nueva York, Metropolitan Book, 2002 [1ª. ed., 1996]), véase el capítulo "Egypt under Persians and Greeks", pp. 367-420. T. Wilkinson ha publicado recientemente una historia de Egipto que se concentra en los aspectos violentos, opresivos, insalubres y crueles, que tienen poco lugar en los libros anteriores, y que pueden resultar de interés para el lector,

especialmente por las características de las momias comentadas en este artículo: T. Wilkinson, *The Rise and Fall of Ancient Egypt* (Nueva York, Random House, 2011).

Para una primera lectura de Herodoto, aun continúa siendo de utilidad la edición bilingüe de Loeb Classical Library (A. Godley, *Herodotus vol. I: Books 1-2*, Cambridge, Harvard University Press, 1921 y reimpressiones). Una buena traducción directa al castellano puede encontrarse en Herodoto, *Historia. Libros I-II* (trad. C. Schrader, Madrid, Gredos, 1992). Es recomendable acompañar la lectura de este autor con un comentario: para el libro II, A. Lloyd, *Herodotus: Book II. Introduction* (Leiden, Brill, 1975); id., *Herodotus: Book II, Commentary 1-98* (Leiden, Brill, 1976); id., *Herodotus: Book II, Commentary 99-182* (Leiden, Brill, 1993). Para una introducción general: E. J. Bakker y otros, *Brill's Companion to Herodotus* (Leiden, Brill, 2002); D. Asheri y otros, *A Commentary on Herodotus Books I-IV* (Oxford, Oxford University Press, 2007).

Los autores del presente trabajo son Diego M. Santos, María B. Daizo (investigadores de la División Antropología del Museo de La Plata, UNLP y del Centro de Estudios del Egipto y del Mediterráneo Oriental, CEEMO), Sonia Lesyk, Fernando Abramzon (ambos del Departamento de Radiología del Hospital Municipal de Trauma y Emergencias "Dr. F. Abete", Ingeniero Pablo Nogués, Provincia de Buenos Aires) y Héctor M. Pucciarelli (investigador de la División Antropología del Museo de La Plata, UNLP y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET). Correspondencia a Diego Santos: diegoaug@yahoo.com.ar Expresamos nuestro agradecimiento a la directora del Museo de La Plata, doctora Silvia Ametrano; a la Municipalidad de Malvinas Argentinas, al señor intendente Jesús Cariglino y al doctor Hugo Schwab, secretario de Salud. Extendemos nuestro agradecimiento a la señora María Cristina Muñe (CONICET), a todo el personal del Hospital Municipal de Trauma y Emergencias "Dr. Federico Abete" y al personal del Museo de La Plata que contribuyeron a la realización de estos estudios.



Construcciones Malaga S.A.

Malaga S.A.